FH AACHEN UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Informationstechnik 1

2 Betriebssysteme

Allgemeine Konzepte, Prozessverwaltung, Speicherverwaltung, Dateienverwaltung

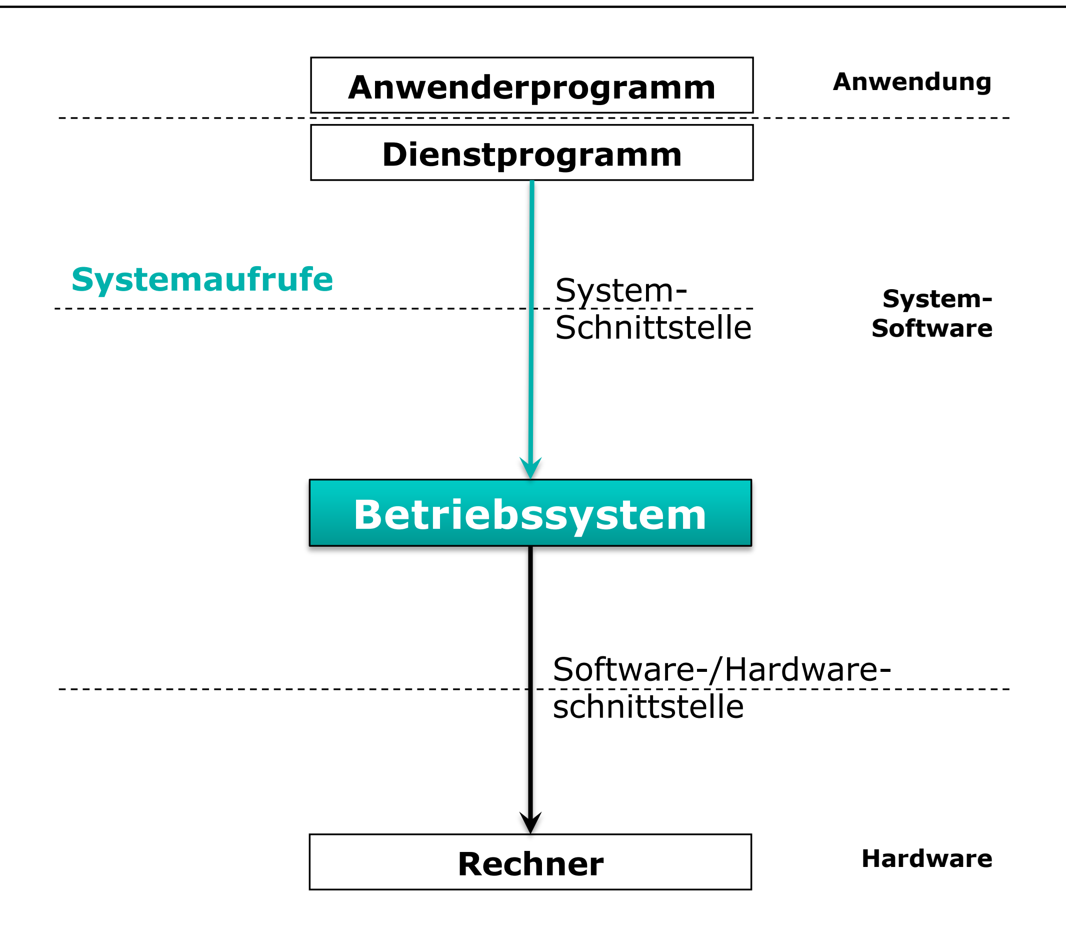
Informationstechnik 1: Betriebssystem Konzept, Prozesse, Speicher, Dateien
Lessons Learned

In diesem Kapitel geht es darum, folgende Dinge zu verstehen und zu können

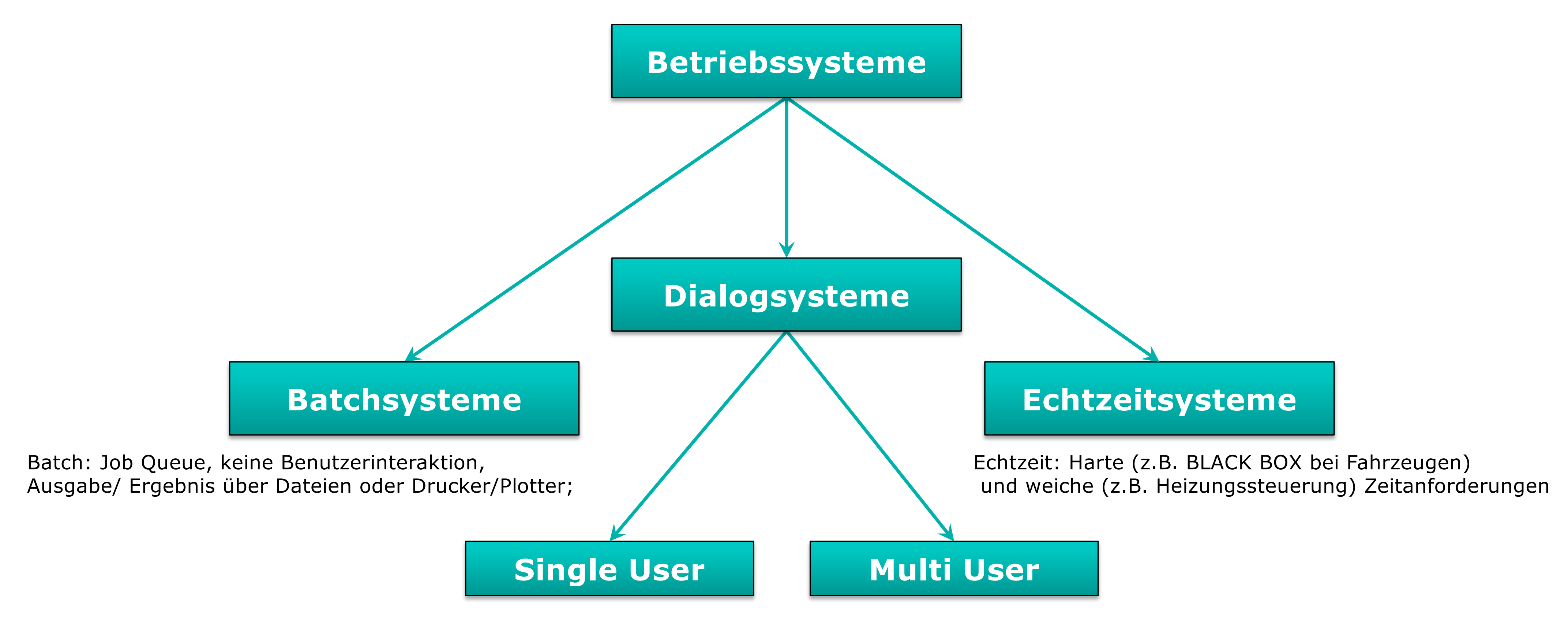
- Allgemeines Konzept von Betriebssystemen

- Aufgaben von Betriebssystemen
  - Prozessverwaltung
  - Speicherverwaltung
  - Dateiverwaltung

Informationstechnik 1: Betriebssystem
Allgemeine Eigenschaften

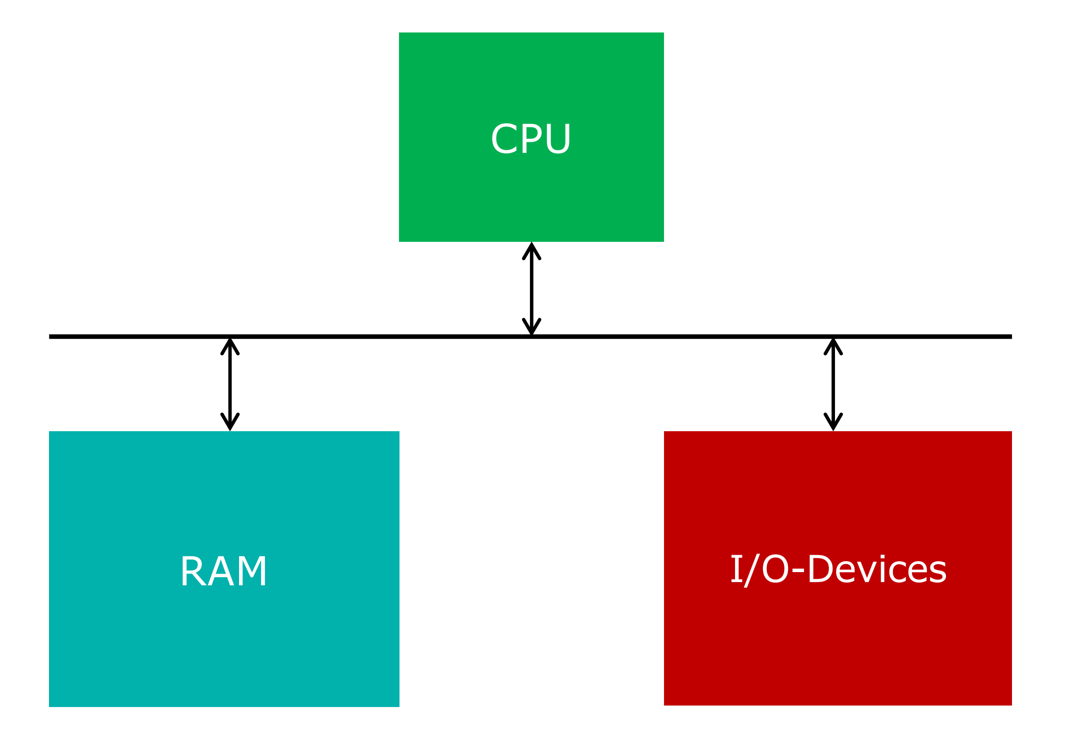


Informationstechnik 1: Betriebssystem
Arten



Betriebsmittel sind …

- aktive, zeitlich aufteilbare
- passive, nur exklusiv nutzbare
- passive, räumlich aufteilbare





Die Betriebsmittelverwaltung besteht im wesentlich aus der …

- Prozessverwaltung (Verwaltung der CPU)
  - Starten und beenden von Prozessen
  - Wechsel zwischen Prozessen
- Speicherverwaltung
  - Zuteilung von Speicher auf die laufenden Prozesse
- Zuteilung von Ein- und Ausgabegeräten
  - Regelung des Zugriffs einzelner Programme auf nur exklusiv nutzbare Betriebsmittel
  - Effiziente Ein-/Ausgabeverwaltung (Initiierung, Überwachung und Terminierung)
  - Konfliktvermeidung
- Verwaltung des Dateisystems
  - Bearbeitung von Dateizugriffen aus Programmen heraus
    - Namensvergabe
    - Existiert die angeforderte Datei?
    - Darf der ausführende User diese Datei öffnen? …

} Rechteverwaltung

Informationstechnik 1: Betriebssystem

Abstraktion

- Üblicherweise gehört auch das Abstrahieren der verwendeten Technik in vermeidlich "einfachere" Konzepte zu den Aufgaben eines Betriebsystems.

Darunter versteht man:

Verbergen der Komplexität der Maschine vor dem Anwender

- Abstraktion des Maschinenbegriffes (nach Coy):
  - Reale Maschine = Zentraleinheit + Geräte (Hardware)
  - Abstrakte Maschine = Reale Maschine + Betriebssystem
  - Benutzermaschine = Abstrakte Maschine + Anwendungsprogramm

Informationstechnik 1

2 - Betriebssysteme

2.1 Prozesse, Prozessverwaltung

Informationstechnik 1: Betriebssystem, Prozessverwaltung
Lessons Learned

In diesem Unter-Kapitel geht es darum, folgende Dinge zu verstehen und zu können

- Prozesszustände
- Scheduling / Schedulingstrategien (Ablaufplanung)

FH AACHEN UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

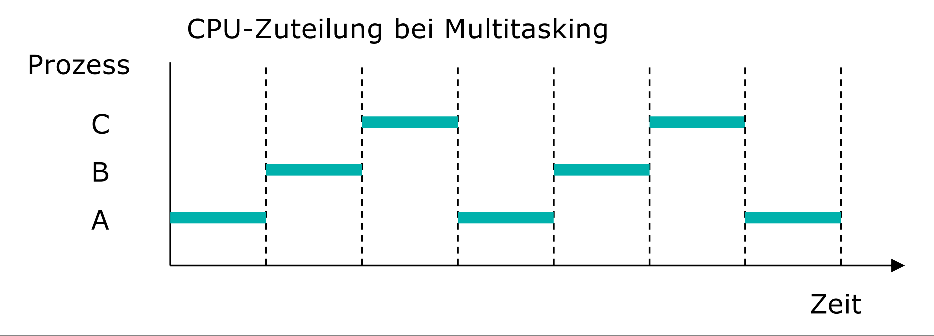
Ein Prozess …

- … ist eines sich in Ausführung befindlichen Programms bzw. ein Programm zur Laufzeit
  - Ein Prozess besteht aus den Programmbefehlen und dem Prozesskontext
  - Der Prozesskontext besteht aus dem privaten Adressraum des Programms, geöffneten Streams (Dateien, Sockets, …) und abhängigen Prozessen
- … wird über die Prozessverwaltung gesteuert
  - Die Prozessverwaltung steuert die Zuteilung von Betriebsmitteln an den Prozess
    - CPU
    - Speicher
    - Ein- und Ausgabegeräte
    - …

Informationstechnik 1: Betriebssystem
Preemptives Multitasking

Der Prozessor kann zwischen mehreren Prozessen hin und her geschaltet werden

- Im Allgemeinen wird sogenanntes preemptives Multitasking verwendet
  - Das Betriebssystem entscheidet, wann welcher Prozess zur Ausführung kommt
  - Jeder Prozess wird für einige Millisekunden (Zeitscheibe, timeslice) ausgeführt
  - Der Benutzer erhält dadurch den Eindruck von Parallelität

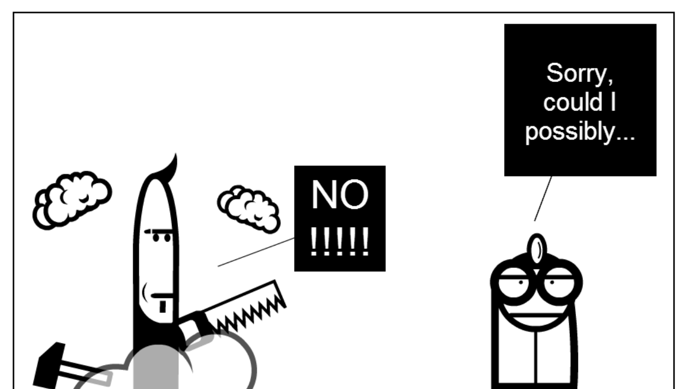


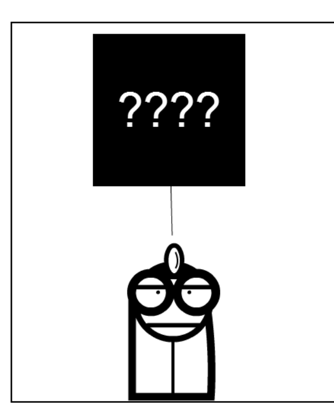
Informationstechnik 1: Betriebssystem
Kooperatives Multitasking

Im Gegensatz zum preemptiven Multitasking bestimmt ein Prozess beim kooperativen Multitasking selbst, wann er den Prozessor an andere Prozesse abgibt

- Nachteile
  - Ein einzelner Prozess kann bei bestimmten Fehlern, z.B. Endlosschleifen, das gesamte System zum Absturz bringen
  - Selbst das Betriebssystem kann nicht mehr rechnen, wenn ein Prozess den Prozessor nicht wieder freigibt

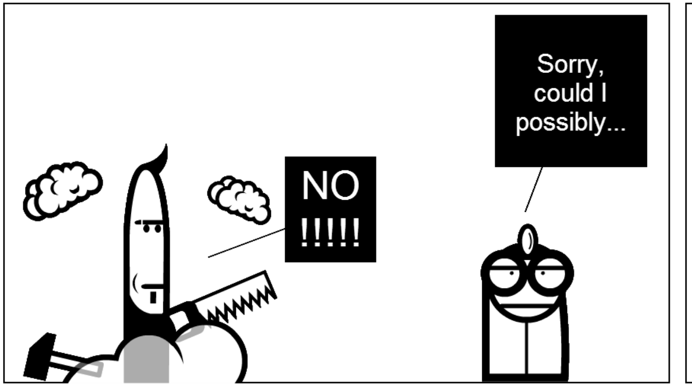
Kooperativ vs. Preemptiv

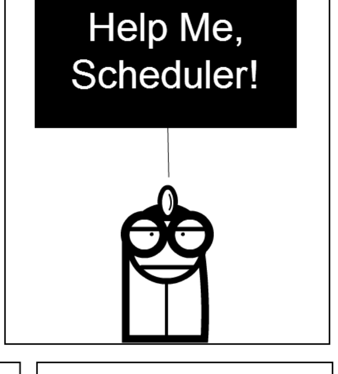


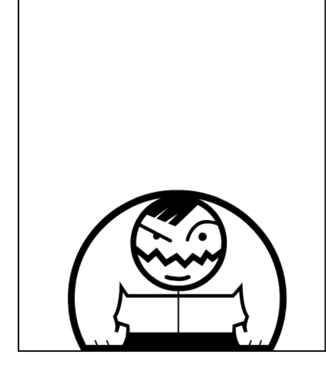


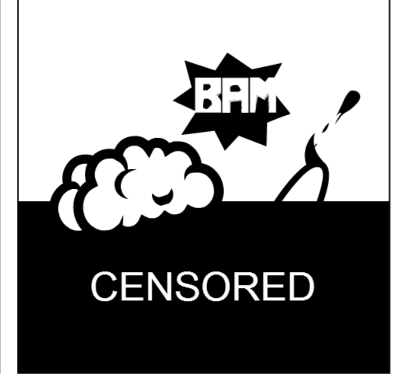
Kooperatives Scheduling

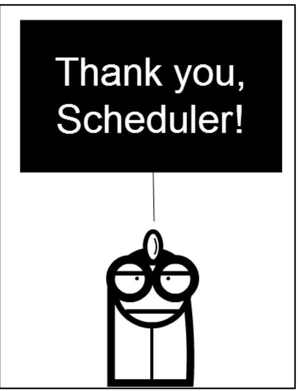
FH AACHEN UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES







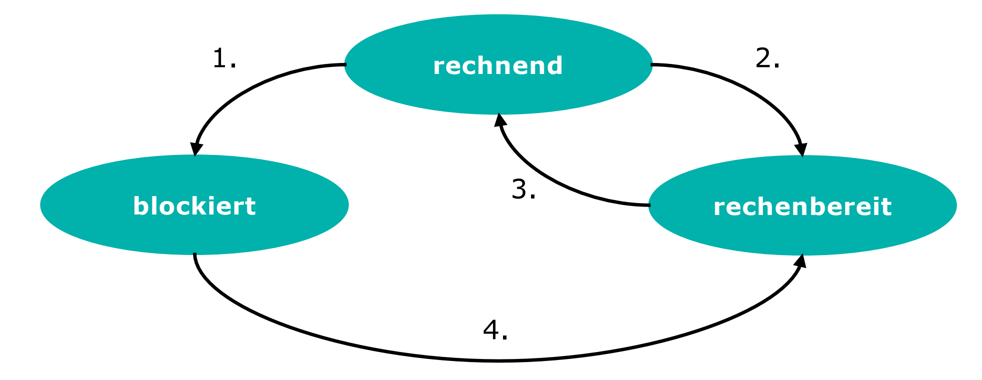




Preemptives Scheduling

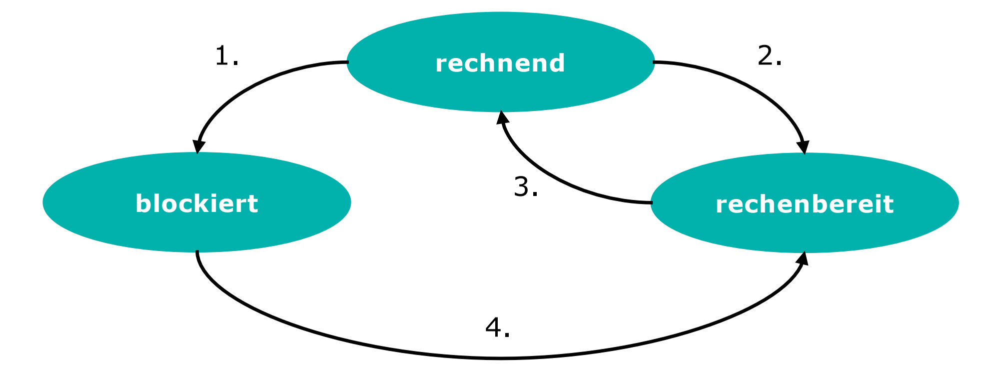
Ein Prozess kann sich in folgenden Zuständen befinden

- **Rechnend**: Der Prozessor ist dem Prozess zugeteilt
- **Blockiert**: Der Prozess kann nicht ausgeführt werden, bis ein externes Ereignis auftritt
- **Rechenbereit**:
  Der Prozess ist ausführbar, aber der Prozessor ist einem anderen Prozess zugeteilt



Der Prozessscheduler organisiert die Übergänge der Prozesse zwischen den einzelnen Zuständen

1. Der Prozess wartet, z.B. auf Eingabe des Benutzers
2. Die Zeitscheibe des Prozesses ist abgelaufen oder ein höher priorisierter Prozess muss ausgeführt werden
3. Der Prozess bekommt eine neue Zeitscheibe zugeteilt
4. Das Ereignis, auf welches ein Prozess nach 1. gewartet hat, ist eingetreten



Informationstechnik 1: Betriebssystem, Scheduling

Ein guter Scheduling-Algorithmus muss einige Anforderungen erfüllen

- Fairness: Jeder Prozess erhält einen gerechten Anteil der CPU-Zeit
- Effizienz: Die CPU und andere Ressourcen sind möglichst ausgelastet
- Einhaltung der Systemregeln
- Weitere Anforderungen hängen vom Einsatzgebiet ab
  - Stapelverarbeitungssysteme
  - Dialogsysteme
  - Echtzeitsysteme

Zusätzlich Anforderungen an den Scheduler auf einem Stapelverarbeitungssystem

- Möglichst hohe CPU-Auslastung
  - Es sollte nicht vorkommen, dass die CPU Leertakte hat
- Job-Durchsatz
  - Die Anzahl der bearbeiteten Aufgaben pro Zeiteinheit sollte maximal sein
- Minimale Durchlaufzeit
  - Die Zeit, welche ein Job von Ankunft in der Job-Queue bis zur Fertigstellung des Jobs benötigt, sollte minimal sein

Informationstechnik 1: Betriebssystem
Scheduling auf Dialogsystemen

Zusätzlich Anforderungen an den Scheduler auf einem Dialogsystem

- Kurze Antwortzeiten
  - Der Benutzer sollte nicht das Gefühl haben, auf Reaktionen des Systems, z.B. auf Mausklicks oder Tastatureingaben, warten zu müssen
  - Prozesse, die Interaktion mit dem Benutzer erfordern, sollten vor anderen Prozessen bevorzugt werden

- Proportionalität
  - Die Antwortzeit verschiedener Prozesse sollte mit der Benutzererwartung übereinstimmen
  - Aus Benutzersicht „einfache" Aufgaben sollten schneller erledigt werden, als aus Benutzersicht „schwierige" Aufgaben

Informationstechnik 1: Betriebssystem
Scheduling auf Echtzeitsystemen

Zusätzlich Anforderungen an den Scheduler auf einem Echtzeitsystem

- Einhaltung von Zeitfenstern
  - Der Scheduler muss einen Überblick über die Zeitfenster verschiedener Prozesse haben und diesen entsprechend Rechenzeit zuweisen

- Vorhersagbarkeit
  - Das System muss deterministisch agieren / reagieren

Informationstechnik 1: Betriebssystem, Scheduling
First Come, First Serve

First Come, First Serve (FCFS): Die Prozesse werden nach der Reihenfolge ihres Einfügens in die Job-Queue eines Stapelverarbeitungssystems bearbeitet

- Die Zuteilung des Prozessors an andere Prozesse findet nur statt, wenn ein laufender Prozess zu warten beginnt oder sich beendet

- Jeder Prozess kommt garantiert an die Reihe

- Kurze Prozesse müssen unter Umständen sehr lange warten, bis sie ausgeführt werden
  - Unverhältnismäßig langes Warten auf das Ergebnis

A	B	C	D

Shortest Job First

FH AACHEN UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Shortest Job First (SJF): Die Prozesse werden aufsteigend nach ihrer geschätzten Ausführungszeit bearbeitet

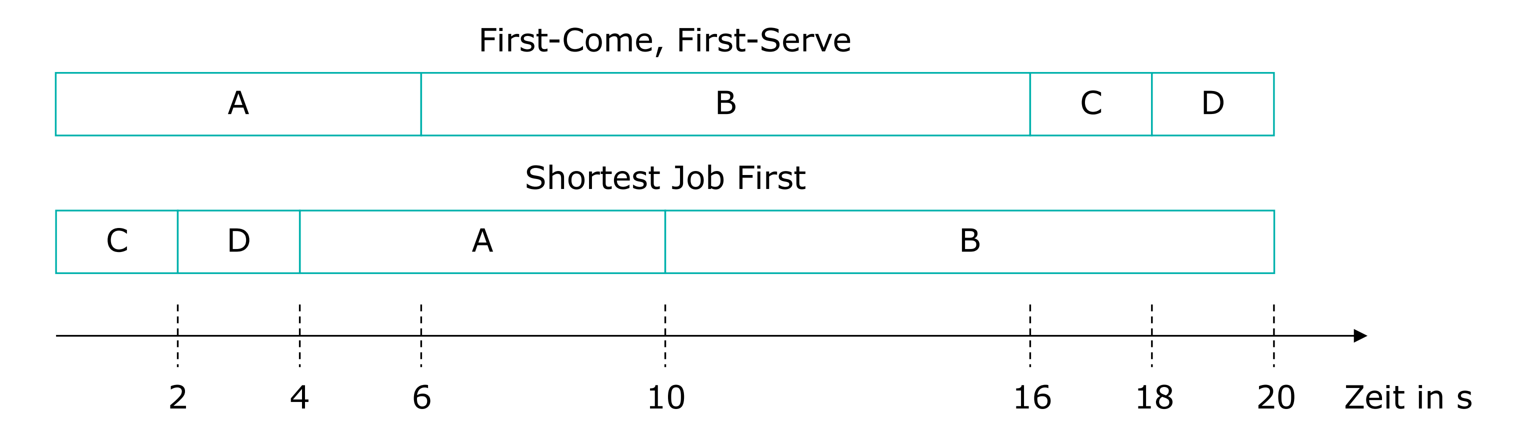
- Große Prozesse kommen möglicherweise nie an die Reihe, wenn immer wieder kleinere Prozesse in die Job-Queue eingefügt werden
- Die Wartezeit auf das Ergebnis eines Prozesses verhält sich in etwa proportional zur Ausführungszeit des Prozesses

C	D	A	B

FH AACHEN UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

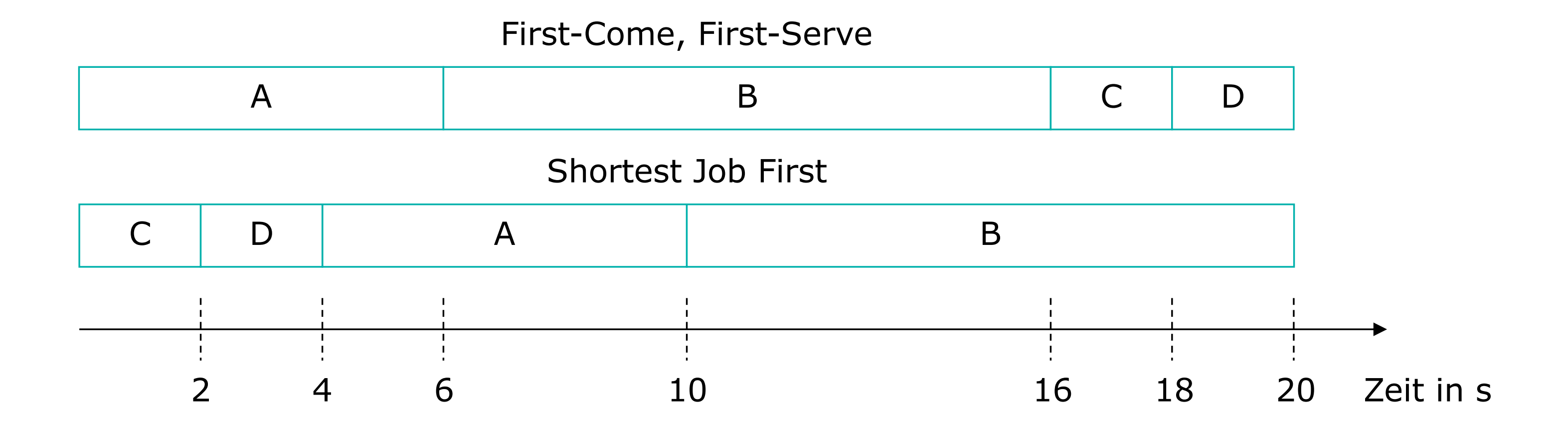
Beispiel: Gegeben sind 4 Prozesse mit den folgenden Ausführungszeiten

- Prozess A: 6 Sekunden
- Prozess B: 10 Sekunden
- Prozess C: 2 Sekunden
- Prozess D: 2 Sekunden



Informationstechnik 1: Betriebssystem, Scheduling

Beispiel: FCFS vs. SJF



- First Come, First Serve: $\frac{6+16+18+20}{4}$ = 15 Sekunden
- Shortest Job First: $\frac{2+4+10+20}{4}$ = 9 Sekunden

Informationstechnik 1: Betriebssystem, Scheduling

Prioritätsscheduling auf Dialogsystemen

Jedem laufenden Prozess wird eine Priorität zugewiesen

- Zuweisung der Priorität wird vom Betriebssystem gesteuert
  - Es gibt dynamische und statische Zuweisung
- Es wird immer dem Prozess mit der höchsten Priorität eine Zeitscheibe zugeteilt
- Neu hinzukommende Prozesse hoher Priorität verdrängen rechnende Prozesse niedriger Priorität
  - Auch der Übergang nach Rechenbereit eines hoch priorisierten Prozesses verdrängt niedrig priorisierte Prozesse

Informationstechnik 1: Betriebssystem, Scheduling
statische vs. dynamische Priorität

Es gibt zwei Arten von Prioritätszuweisung

- statische Priorität
  - Jeder Prozess erhält bei seinem Start eine feste Priorität
  - Der Prozess mit der höchsten Priorität bekommt als nächstes eine Zeitscheibe zugeteilt
    - Gibt es mehrere Prozesse mit der gleichen Priorität werden diese im Round-Robin-Verfahren bearbeitet
  - Wird oft in Echtzeitsystemen verwendet

- dynamische Priorität
  - Jedem Prozess wird eine Anfangspriorität zugeordnet
  - Der Prozess mit der höchsten Priorität bekommt als nächstes eine Zeitscheibe zugeteilt
    - Die Prioritäten der Prozesse werden dynamisch geändert
    - Es gibt verschiedene Verfahren der Realisierung

FH AACHEN UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

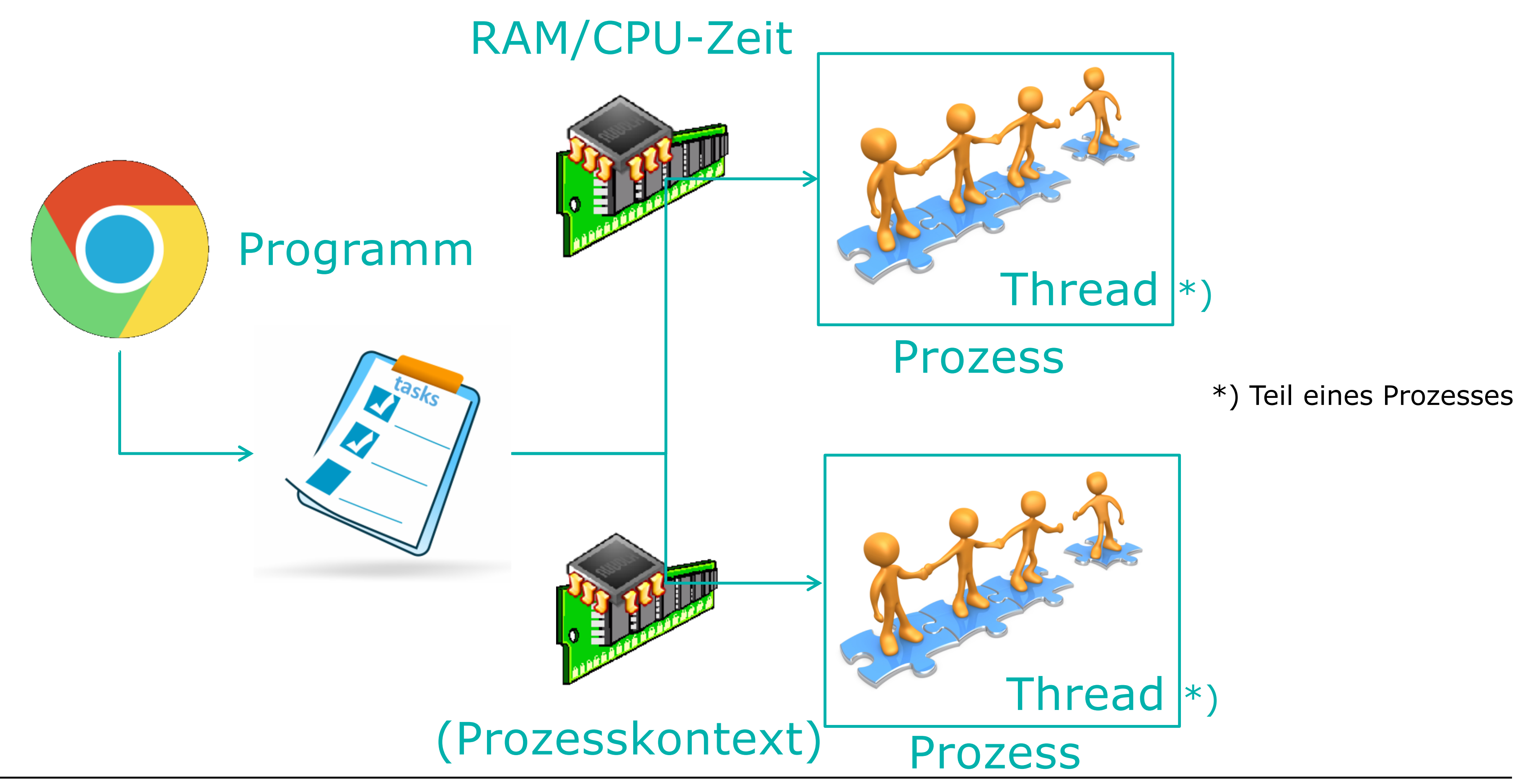
Die MFQ (Multilevel-Feedback-Queue) ist ein Beispiel für dynamische Prioritätszuweisung

- Die Prozesse werden anhand ihres bisherigen Ressourcenverbrauchs priorisiert

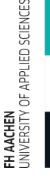
- Es werden mehrere FIFO-Queues benutzt
  - Neue Prozesse werden in der höchst priorisierten Queue eingefügt

- Prioritäten werden abhängig vom Verhalten des Prozesses geändert
  - Der Prozess gibt den Prozessor freiwillig ab
    - Der Prozess wird in dieselbe Queue wieder eingefügt

  - Der Prozess verbraucht seine gesamte Zeitscheibe
    - Der Prozess wird in der nächst niedriger priorisierten Queue wieder eingefügt



*) Teil eines Prozesses



Informationstechnik 1:

2 - Betriebssysteme

2.2 Speicherverwaltung

Reale Speicherverwaltung, Virtuelle Speicherverwaltung

FH AACHEN UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Lessons Learned

In diesem Kapitel geht es darum, folgende Dinge zu verstehen und zu können

- Reale Speicherverwaltung
- Virtuelle Speicherverwaltung
  - Grundidee
  - Verdrängungsmechanismen

FH AACHEN UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

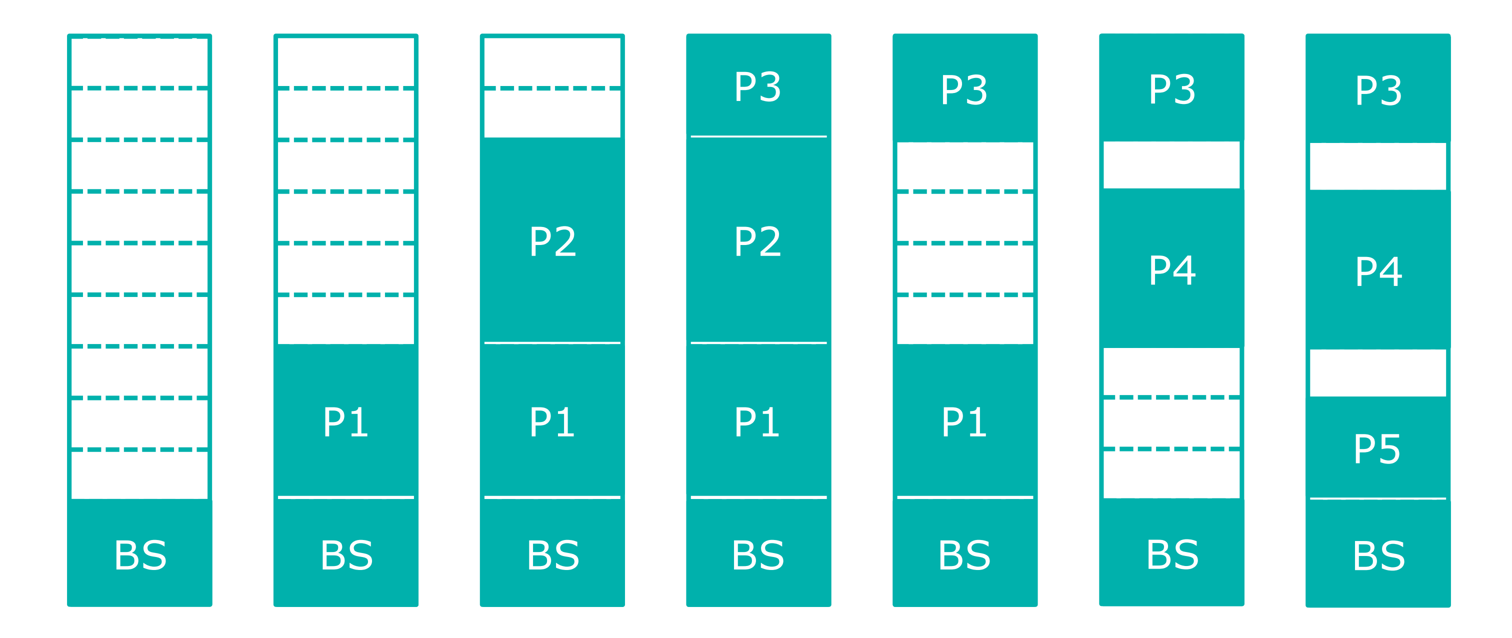
Der Arbeitsspeicher wird aus den Prozessen heraus direkt adressiert

- Die Größe des physikalischen Speichers begrenzt die Anzahl der gleichzeitig ausführbaren Prozessen
  - Nutzung von Swapping, um mehr Prozesse „parallel" betreiben zu können

- Probleme realer Speicherverwaltung
  - Fragmentierung des Speichers
  - Suche nach freien Speicherblöcken mittels Belegungstabelle sehr aufwändig

Beim Ersetzen von Speicherblöcken können viele kleine, freie Bereiche im Speicher entstehen

- Neue Prozesse finden keine ausreichend großen, zusammenhängenden Bereiche mehr



Beim Starten eines Prozesses wird dieser in einen freien Speicherblock geladen

- First Fit
  - Wählt den ersten, freien Speicherbereich, welcher groß genug ist
  - Diese Variante ist schnell, verschwendet aber möglicherweise große, freie Blöcke an kleine Prozesse

- Next Fit
  - Funktioniert wie First Fit, startet aber nicht am Anfang des Speichers, sondern an der Stelle, wo der letzte Prozess eingefügt wurde

- Best Fit
  - Wählt den kleinstmöglichen, freien Speicherbereich
  - Verteilt Speicher gut, aber die Suche nach freien Speicherblöcken ist sehr aufwändig

Nachteile reale Speicherverwaltung

- Nutzung des Speicherplatzes
  - > Es muss Platz für das gesamte Programm und die Daten gefunden werden, obwohl diese wahrscheinlich nicht alle gleichzeitig benötigt werden

- Beschränkung des Speicherplatzes
  - > Es kann insgesamt nicht mehr Speicher genutzt werden, als physikalisch vorhanden ist

- Belegung des Speichers
  - > Die Anforderung zusammenhängende Speicherblöcke für Prozesse zu finden, verschärft das Problem der Fragmentierung

FH AACHEN UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

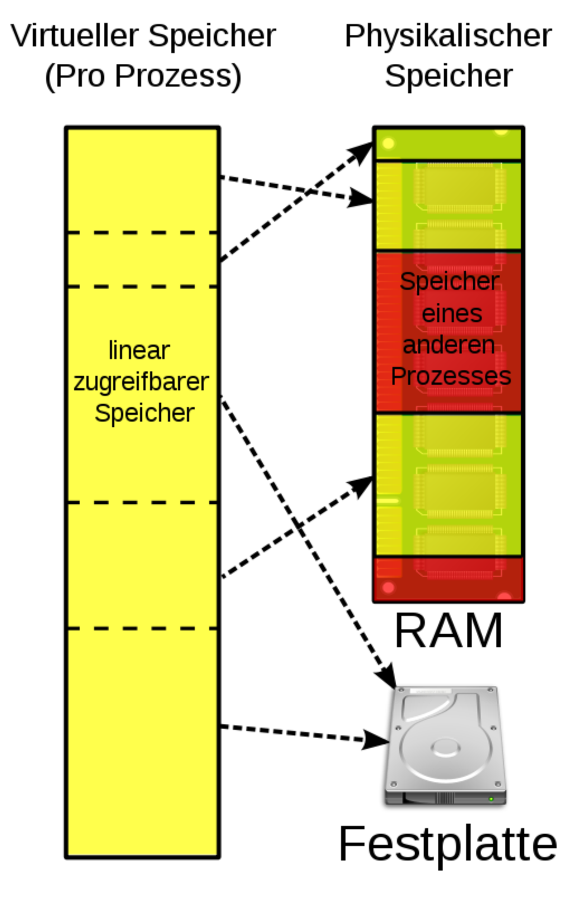
Virtuelle Speicherverwaltung behebt die Nachteile realer Speicherverwaltung

- Jedem Prozess wird ein scheinbar zusammenhängender Speicherbereich zur Verfügung gestellt
  - Tatsächlich besteht der Speicher des Prozesses aus nicht zwangsläufig zusammenhängenden virtuellen Pages
  - Der Prozess kann seinen Speicher mit virtuellen Adressen beginnend bei 0 adressieren

- Die Gesamtheit aller virtuellen Adressen wir als virtueller Adressraum bezeichnet

Virtueller Speicher (Page)

FH AACHEN UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Quelle: http://de.wikipedia.org/wiki/Virtuelle_Speicherverwaltung

Virtuelle Pages werden rechnerintern auf physikalisch vorhandene Pages gleicher Größe abgebildet

- Die physikalischen Pages können irgendwo im Arbeitsspeicher oder in einer Auslagerungsdatei auf der Festplatte liegen

- Beim Zugriff eines Prozesses auf eine virtuelle Speicheradresse…
  - … wird zunächst die zu dieser Adresse gehörige virtuelle Page ermittelt
  - Anschließend wird die zu dieser virtuellen Page gehörige physikalische Page ermittelt
    - Die Zuordnung von virtuellen und physikalischen Pages und deren Ablageort (Basisadresse) werden in der sogenannten Pagetable gespeichert
  - Die relative Speicheradresse (Offset) ist innerhalb einer Page in virtuellen und physikalischen Pages dieselbe

FH AACHEN UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Zu einem Prozess gehörige, jedoch aktuell nicht genutzte Pages werden auf den Hintergrundspeicher, z.B. Festplatte, ausgelagert

- Es wird Arbeitsspeicher für andere Prozesse freigegeben
- Braucht der Prozess zu einem späteren Zeitpunkt wieder, muss sie erneut in den Arbeitsspeicher geladen werden
  - Es muss eventuell eine andere Page aus dem Arbeitsspeicher verdrängt werden
  - Es gibt mehrere Möglichkeiten zu bestimmen, welche Page aus dem Arbeitsspeicher verdrängt wird

Ähnlich wie beim Caching gibt es auch hier verschiedene Verdrängungsstrategien

- FIFO (First-In, First-Out)
  - Die Page, welche bereits am längsten im Speicher liegt, wird verdrängt
- LRU / LFU (least recently used / least frequently used)
  - Die Page welche am längste nicht mehr bzw. am seltensten zugegriffen wurde, wird verdrängt
- Unversehrtheit der Speicherseite
  - Es werden Pages ausgelagert, die sich im Arbeitsspeicher nicht geändert haben, sodass Schreiboperationen auf die Festplatte entfallen

Informationstechnik 1: Betriebssystem, Speicherverwaltung
Pageflattering

Wenn einem Prozess nicht genügend Pages zur Verfügung stehen, kann es passieren, dass sehr oft Pages nachgeladen / ersetzt werden müssen

- Der Prozess verbringt mehr Zeit mit dem Warten auf den Speicher, als mit der eigentlichen Ausführung
  - Ursachen
    - Prozesse ohne Lokalität: Random Access auf große Speicherbereiche
    - Zu viele Prozesse
    - Schlechte Ersetzungsstrategie
  - Lösung
    - Zuteilung einer genügend großen Anzahl von Pages
    - Begrenzung der Prozessanzahl
    - Codeoptimierung, sodass der Prozess lokaler arbeitet

Lokale vs. Globale Ersetzung

Es gibt zwei mögliche Varianten Pages zu ersetzen

- Lokale Ersetzung
  - Ein Prozess ersetzt immer nur seine eigenen Pages
    - Statische Zuteilung von Pages an Prozesse
    - Nachladen / Ersetzen von Pages liegt in der Verantwortung der Prozesse

- Globale Ersetzung
  - Ein Prozess ersetzt auch Pages anderer Prozesse
    - Dynamisches Verhalten der Prozesse kann berücksichtigt werden
    - Im Schnitt bessere Effizienz, da ungenutzte Pages von anderen Prozessen verwendet werden können

Virtuelle Speicherverwaltung sorgt implizit dafür, dass mehrere Prozesse nicht gegenseitig auf ihre Speicherbereiche zugreifen können

- Versucht ein Prozess auf eine Adresse zuzugreifen, für welche er selbst keinen Speicher allokiert hat, wird die dazugehörige Page nicht gefunden
  - Es tritt ein Segmentation Fault auf

- Gezielt auf den Speicher anderer Prozesse kann nicht zugegriffen werden, da erst bei der Umsetzung der virtuellen Adresse der physikalische Speicher referenziert wird

Speicherbereinigung

Wird in einem Prozess Speicher dynamisch zur Laufzeit belegt, muss dieser auch irgendwann wieder freigegeben werden

- Wird der Speicher nicht freigegeben, steht dem Prozess irgendwann kein Speicher mehr zur Verfügung

- Der Prozess kann dies selbst tun
  - z.B. in C/C++ mit free() oder delete()
  - Volle Kontrolle über belegten Speicher, aber kompliziert

- Es kann eine automatische Speicherbereinigung (engl. Garbage Collection) verwendet werden
  - z.B. in JAVA
  - Ist bequem, entzieht dem Programmierer aber die Kontrolle über den Speicher

Informationstechnik 1

2 – Betriebssysteme

2.3 Startvorgang, Dateisysteme
Grundlegende Organisation, Beispiele

Informationstechnik 1: Betriebssystem Start, Datenorganisation, Sicherheit

Lessons Learned

In diesem Kapitel geht es darum, folgende Dinge zu verstehen und zu können

- Startsequenz eines Rechners
- Ablageorganisation für Daten
- Attribute
- Sicherheitsaspekte

  - paralleler Zugriff
  - Stromausfall kompensieren

- BIOS = *basic input/output system*

  Altgriechisch „*βίος*“, zu deutsch „*Leben*“
  -> als Anspielung auf „dem Computer das Leben einhauchen“:
  - ist die Firmware bei x86-PCs
  - im nichtflüchtigen Speicher auf der Hauptplatine eines PCs!
  - leitet den Start des Betriebssystems ein.
    - Power-On Selbsttest -> alle Komponenten funktionsfähig?
    - Hardwareinitialisierung -> Netzwerkchip, Tastatur, Maus, …
    - BIOS-Passwort, HDD-Passwort (sofern vorhanden)
    - Darstellung Startbildschirm
    - Bootsektor -> Bootloader (mit Betriebssystem-Auswahlmenü: Multi-Boot)
    - **Verkettetes Booten möglich: Chainloader**



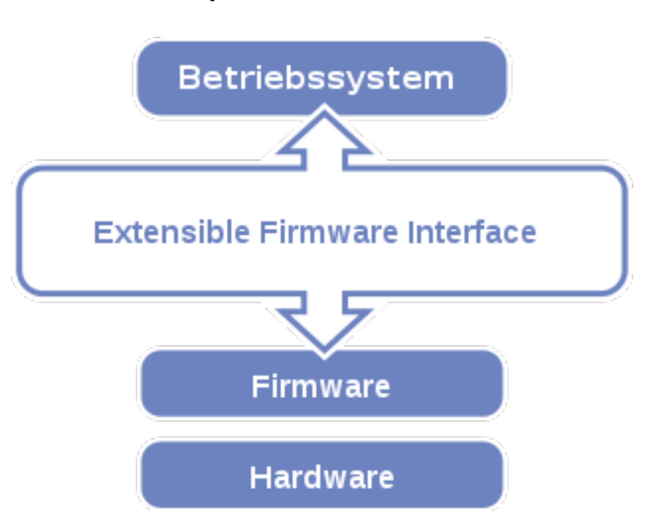
Hersteller: American Megatrends, ATI, Phoenix/Award, IBM, …

Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/American_Megatrends

➢ BIOS -> EFI -> UEFI (Unified Extensible Firmware Interface)

- Bedeutet so viel wie „Vereinheitlichte erweiterbare Firmware-Schnittstelle“:
  - Zentrale Schnittstelle zwischen
  - der Firmware, den einzelnen Komponenten
  - eines Rechners und dem Betriebssystem.
    - Fokus auf 64-Bit-Betriebssysteme
    - Secure-Boot





Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Unified_Extensible_Firmware_Interface

➢ Master Boot Record (MBR)

- Der MBR ist der erste Sektor eines bootbaren Speichermediums und enthält:
  - optional einen Bootloader
    - 440 Byte + 6 Byte Zusatzinformationen
  - eine Partitionstabelle
    - Maximal 4 Partitioneneinträge zu je 16 Byte
  - eine Magic Number (Signatur)
    - Wert: 0xAA55



Master Boot Record (512 Bytes)

Master Boot Record (512 Bytes)
Bootloader (446 Byte)
Partitionstabelle (64 Byte)
Magic Number (2 Byte)

MBR -> GPT (bei modernen Systemen)

- GPT: Bedeutet so viel wie „global eindeutige Zahl" mit 128 Bit (=16 Bytes) zur Adressierung z.B. der Partitionen
- eigentlich GUID*) Partition Table (GPT) ist der (neue) Standard für Partitionstabellen
- ein Teil des UEFI-Standards und damit Weiterentwicklung des MBR
- schon lange Standard bei Apples MAC

*) GUID: Globally Unique Identifier

Das „GUID" in GUID Partition Table steht für „**G**lobally **U**nique **Id**entifier". Bei diesem Identifier handelt es sich um eine **Zahl mit 128 Bit** (16 Byte), die eine eindeutige Identifizierung von Dateien bzw. Dokumenten und – im Fall der Festplatten – von Datenträgern und Partitionstypen ermöglicht
(nach Wikipedia: https://de.wikipedia.org/wiki/GUID_Partition_Table).



- MBR -> GPT

GUID Partition Table Scheme

Hybrider MBR möglich

Recovery der GPT durch Spiegelung möglich

Teil des UEFI-Standards

Bis zu 128 Partitionen adressierbar

LBA: Logical Block Address

(nach Wikipedia: https://de.wikipedia.org/wiki/GUID_Partition_Table).

Das Dateisystem stellt eine Schicht des Betriebssystems dar und

- dient dem Speichern und Wiederfinden von Dateien und Ordnern und
- ist eine Ablageorganisation für Daten auf einem Datenträger des Computers (z.B. der Festplatte)
  - Dateien müssen geöffnet (lesend, schreibend), geschlossen und gelöscht werden können
  - Dateinamen müssen auf die physikalischen Adressen auf dem Datenträger zugeordnet werden
  - Spezielle Eigenschaften des Datenträgers (Festplatte vs. USB-Stick vs. …) müssen berücksichtigt werden
  - ist somit ein Ordnungs- und Zugriffssystem auf die durchaus mehreren hunderttausend / millionen Dateien eines Computers

- Generell haben Dateien folgende Attribute (Details sind aber abhängig vom Dateisystem)
  - Dateiname
  - Ablageort (Ordner, Verzeichnis)
  - Größe
  - Zugriffsrechte

Informationstechnik 1: Betriebssystem

Arten von Dateisystemen

Es gibt verschiedene Arten von Dateisystemen

- Lineare Dateisysteme
  - Daten werden direkt hintereinander auf den Datenträger geschrieben
  - Verwendung auf Lochkarten, Lochstreifen, Magnetbändern, …

- Hierarchische Dateisysteme
  - Daten werden in einer Verzeichnisstruktur abgelegt
  - Verwendung auf modernen Datenträgern (Festplatte, SSD, USB-Stick, …)

- Netzwerkdateisysteme
  - Speicher auf Servern wird intern wie ein lokales Dateisystem verwendet, das Betriebssystem wandelt Zugriffe auf Dateien in Netzwerk-kommunikation um
  - Verwendung auf modernen Systemen

Informationstechnik 1: Betriebssystem
Beispiele zu Dateisystemen

NTFS

- Max. Größe einer Datei ca. 17, TB
- Anzahl aller Dateien 4.294.967.295 (2^{32} -1)
- Länge des Dateinamens 255 Zeichen
- Größe des Dateisystems 256 TB = 0,25 PB

Ext4

- Größe einer Datei = Größe des Dateisystems
- Anzahl aller Dateien = unbegrenzt
- Länge des Dateinamens 255 Bytes
- Größe des Dateisystems 1 EB = 1024 PB

ZFS

- Größe einer Datei = 16 EB
- Anzahl aller Dateien = 2^{48}
- Länge des Dateinamens = unbegrenzt
- Größe des Dateisystems 16 EB

USB-Stick-Dateisystem zum Vergleich (FAT32*):
Max Größe einer Datei: 2GB
Größe des Dateisystems: 2TB
*) bei 512er Sektorgröße

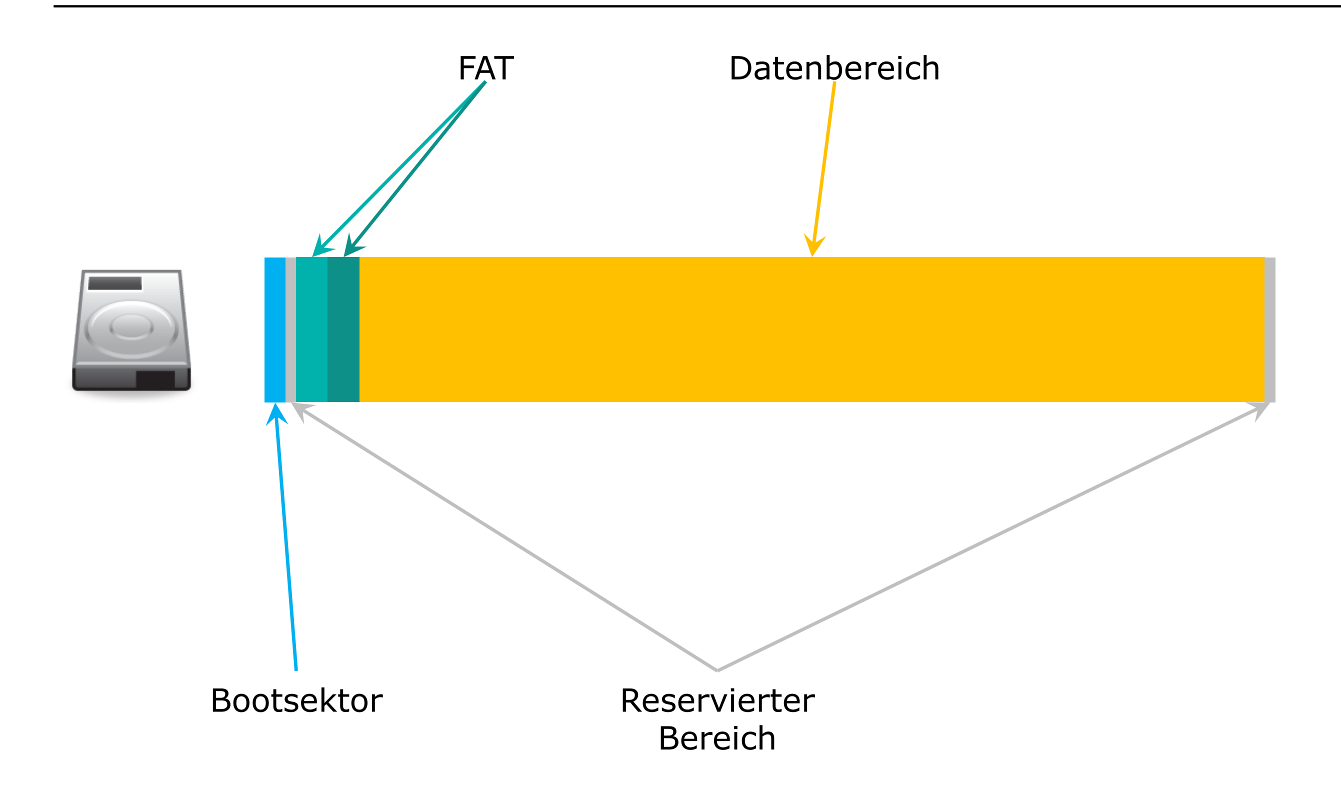






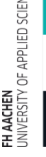
10^3 Kilo
10^6 Mega
10^9 Giga
10^12 Tera
10^15 Peta
10^18 Exa
10^21 Zetta
10^24 Yotta

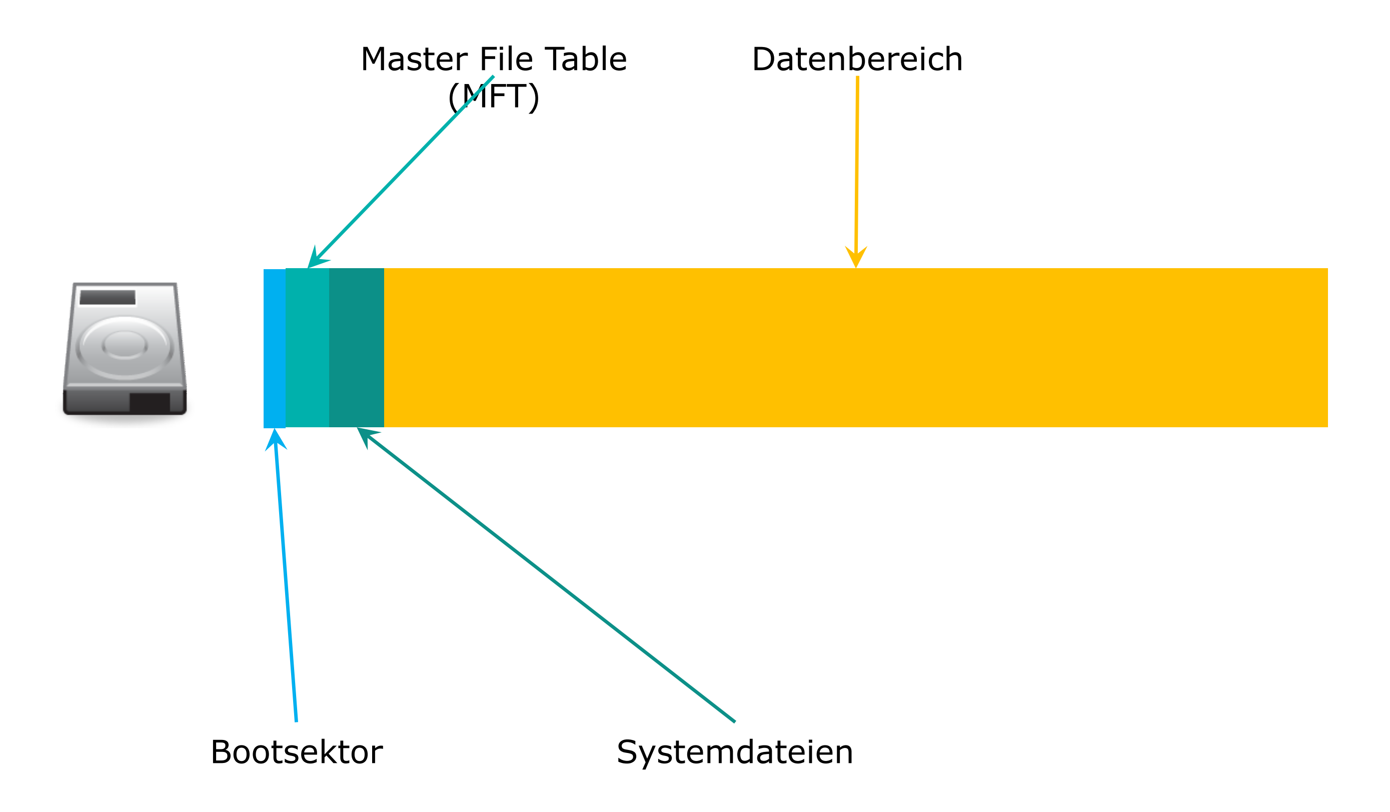
FAT32 – File Allocation Table



- **Bootsektor**:
  Enthält Maschinencode zum Laden des Betriebssystems bzw. Informationen über das Dateisystem
- **Reservierte Sektoren**:
  In diese Sektoren darf das Betriebssystem nicht schreiben, hier kann z.B. ein Bootloader liegen
- **FAT:**
  Zwei FATs, FAT1 and FAT2, sind im Dateisystem angelegt (redundant, nur gebraucht, wenn Dateneinträge fehlerhaft sind)
- **Datenbereich:**
  Clusterverkettung, Eintrag in der FAT zeigt auf den ersten Sektor;

Informationstechnik 1: Betriebssystem, Dateisysteme
NTFS – New Technology File System



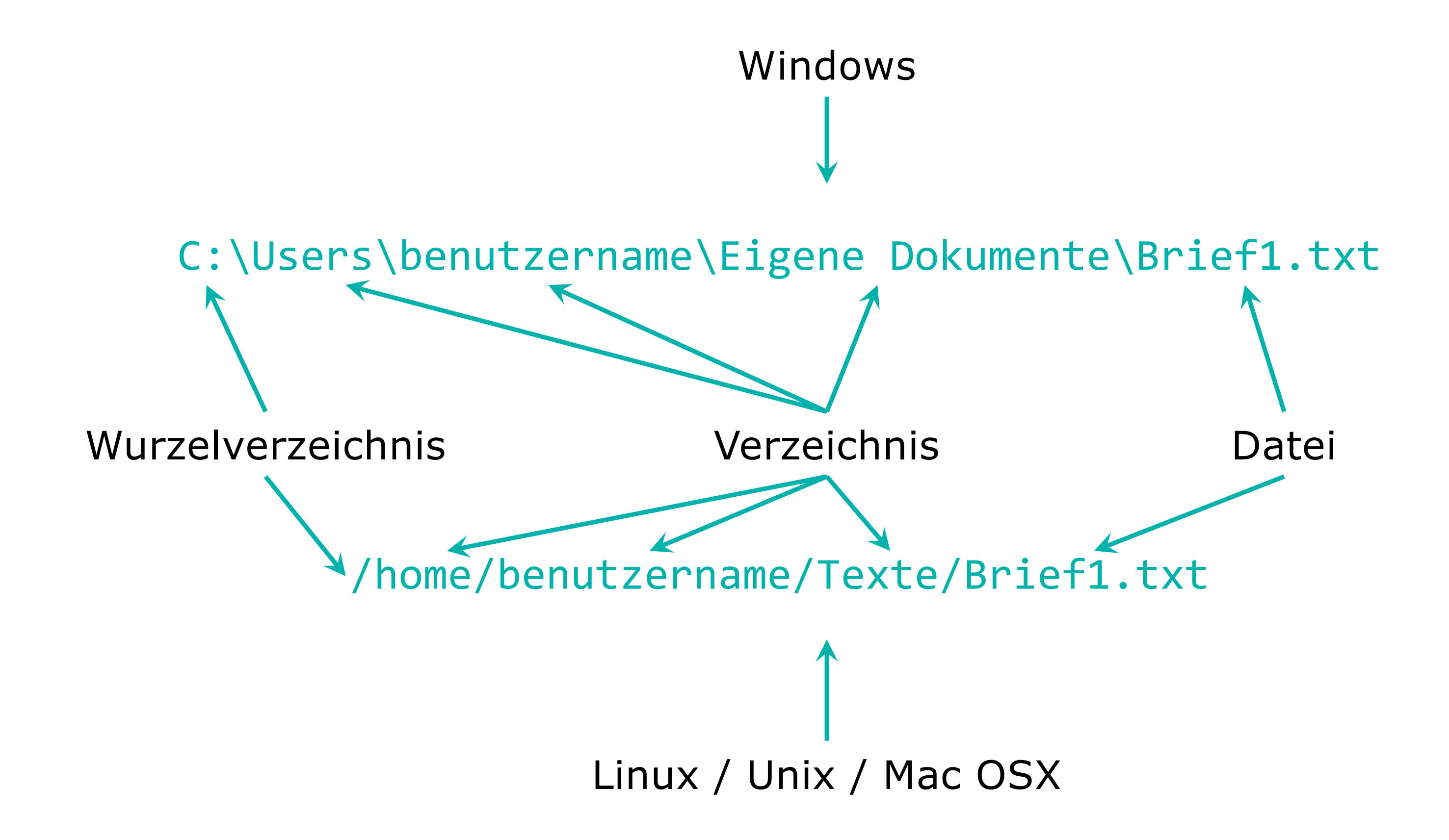


- **Bootsektor**:
  Enthält Maschinencode zum Laden des Betriebssystems bzw. Informationen über das Dateisystem
- **Systemdateien**:
  Kernel, NTFS-Treiber
- **MFT:**
  Links zu den Dateien; kleine Dateien werden direkt in der MFT gespeichert; kann in den Datenbereich ausgelagert werden
- **Datenbereich:**
  Daten

➢ Interessante Merkmale von Dateisystemen

- Verlinkbarkeit
  Eine **symbolische Verknüpfung**, auch **symbolischer Link**, ist eine Verknüpfung in einem Dateisystem (Dateien und Verzeichnisse), die auf eine andere Datei oder ein anderes Verzeichnis verweist. Es ist also lediglich eine Referenz auf die Zieldatei bzw. das Zielverzeichnis.
- Zugriffsrechte
  Welche Benutzer, welche Dateien und Verzeichnisse lesen, schreiben, ändern oder auch ausführen können.
- Clusterfähig
  Der Begriff **Cluster-Dateisystem** beschreibt ein Dateisystem, das in einem Rechnerverbund konkurrierenden Zugriff auf einen geteilten Speicher (Shared Storage) gestattet.
- Deduplicating
  Erkennen von redundanten Daten (Duplikaterkennung) und löschen.
- Snapshots
  Ein Snapshot friert den aktuellen Dateisystemzustand ein (z.B. für Backups)

Informationstechnik 1: Betriebssystem, Dateisystem
Hierarchische Dateisysteme



Informationstechnik 1: Betriebssystem, Dateisystem
Relative und absolute Pfadangaben

- Absolute Pfadangaben:

  Beispiel: C:\Users\Klaus\Studium\IT1\IT1.pdf:
  - Fangen stets auf der obersten Ebene des Dateisystems an
  - Die Datei ist eindeutig referenzierbar
  - Datei darf nicht kopiert bzw. umbenannt werden

- Relative Pfadangaben:

  Beispiel: Studium\IT1\IT1.pdf:
  - geht von dem Verzeichnis aus, in dem gerade gearbeitet wird!
  - ganzes Verzeichnis kann kopiert werden und die Verweise funktionieren trotzdem!
  - spezielle Elemente:
    - aktuelles Verzeichnis (.)
    - übergeordnetes Verzeichnis (..)

Informationstechnik 1: Betriebssystem
Beispiele von Dateisystemen

UNIX, Linux, ZETA

```
/ [Wurzelverzeichnis]
├─ bin/
├─ lib/
├─ etc/
├─ dev/
│  ├─ sda1 [Gerätedatei]
│  └─ sda2 [Gerätedatei]
├─ home/
│  ├─ benutzername/
│  └─ anwendername/
│     ├─ Office Dokument.odt
│     ├─ Foto.png
│     └─ Verzeichnis/
├─ media/
│  ├─ disk1/ [Einhängpunkt für Datenträger]
│  └─ usbdisk1/ [Einhängpunkt für Datenträger]
│     ├─ tabelle.ods
│     ├─ Bild.jpg
│     ├─ Text.txt
│     └─ Unterordner/
└─ usr/
```

Mac OSX

```
/ [Wurzelverzeichnis]
├─ bin/ [versteckt]
├─ System/
├─ etc/ [versteckt]
├─ dev/ [versteckt]
│  ├─ disk [Gerätedatei]
│  └─ disk2 [Gerätedatei]
├─ Users/
│  ├─ benutzername/
│  └─ anwendername/
│     ├─ Office Dokument.odt
│     ├─ Foto.png
│     └─ Verzeichnis/
├─ Volumes/
│  ├─ macosx/ [Einhängpunkt für Datenträger]
│  └─ usbmedium/ [Einhängpunkt für Datenträger]
│     ├─ tabelle.ods
│     ├─ Bild.jpg
│     ├─ Text.txt
│     └─ Unterordner/
├─ Applications/
└─ usr/ [versteckt]
```

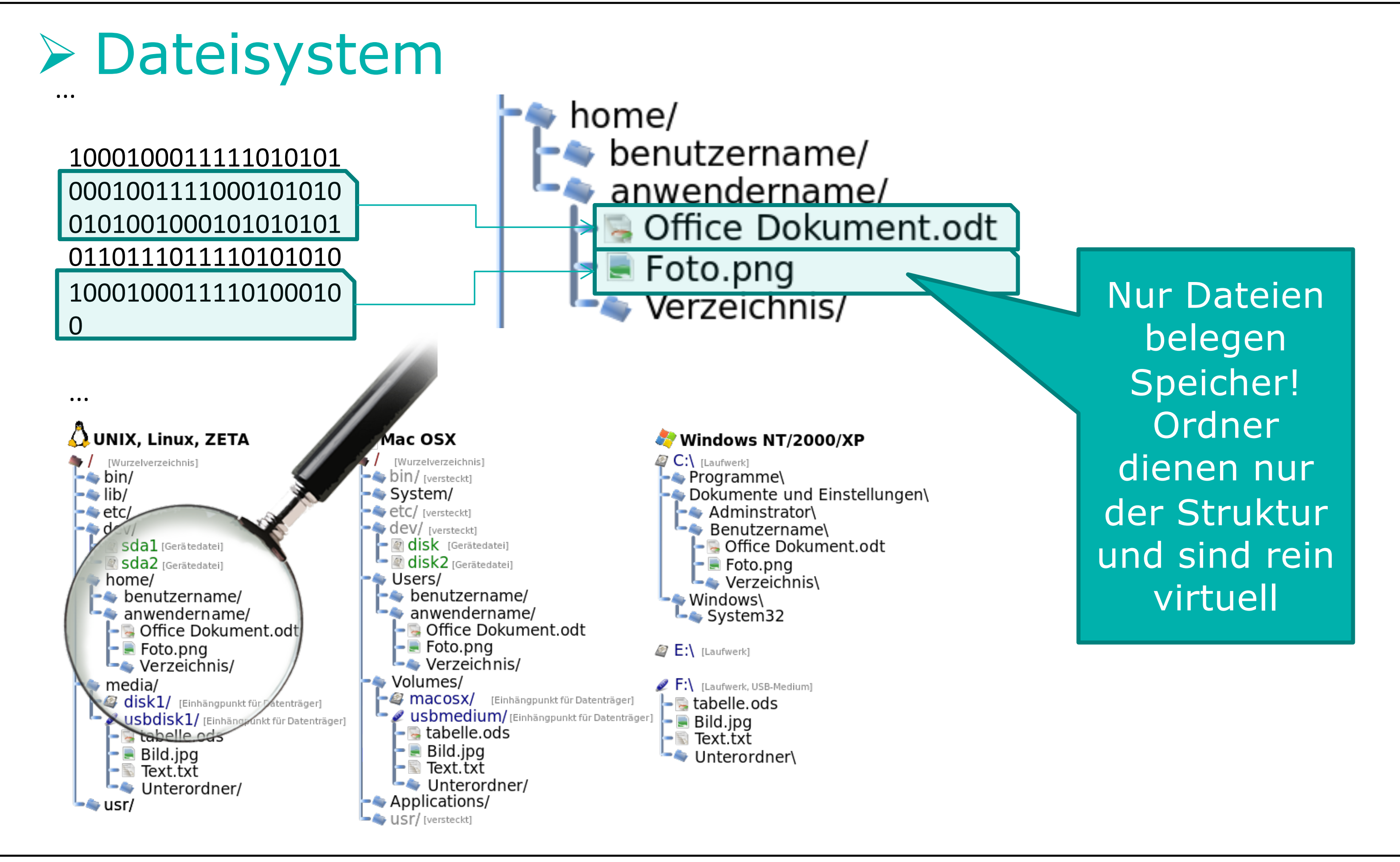
Windows NT/2000/XP

```
C:\ [Laufwerk]
├─ Programme\
├─ Dokumente und Einstellungen\
│  ├─ Adminstrator\
│  └─ Benutzername\
│     ├─ Office Dokument.odt
│     ├─ Foto.png
│     └─ Verzeichnis\
└─ Windows\
   └─ System32

E:\ [Laufwerk]

F:\ [Laufwerk, USB-Medium]
├─ tabelle.ods
├─ Bild.jpg
├─ Text.txt
└─ Unterordner\
```

Dateisystem



Beispiele von Dateisystemen

…

1000100011111010101
0001001111000101010
0101001000101010101
0110111011110101010
1000100011110100010
0

…

home/
benutzername/
anwendername/
Office Dokument.odt
Foto.png
Verzeichnis/



- In den anderen Bereichen werden Dateiattribute gespeichert!
  - Zugriffsrechte: Besitzer-/Schreib-/Lese-/Ausführrechte
  - Position im Dateisystem
  - Statusinformationen: Datei gelöscht, Datei im Zugriff, …
  - Verschiedene weitere Informationen, je nach Dateisystem!

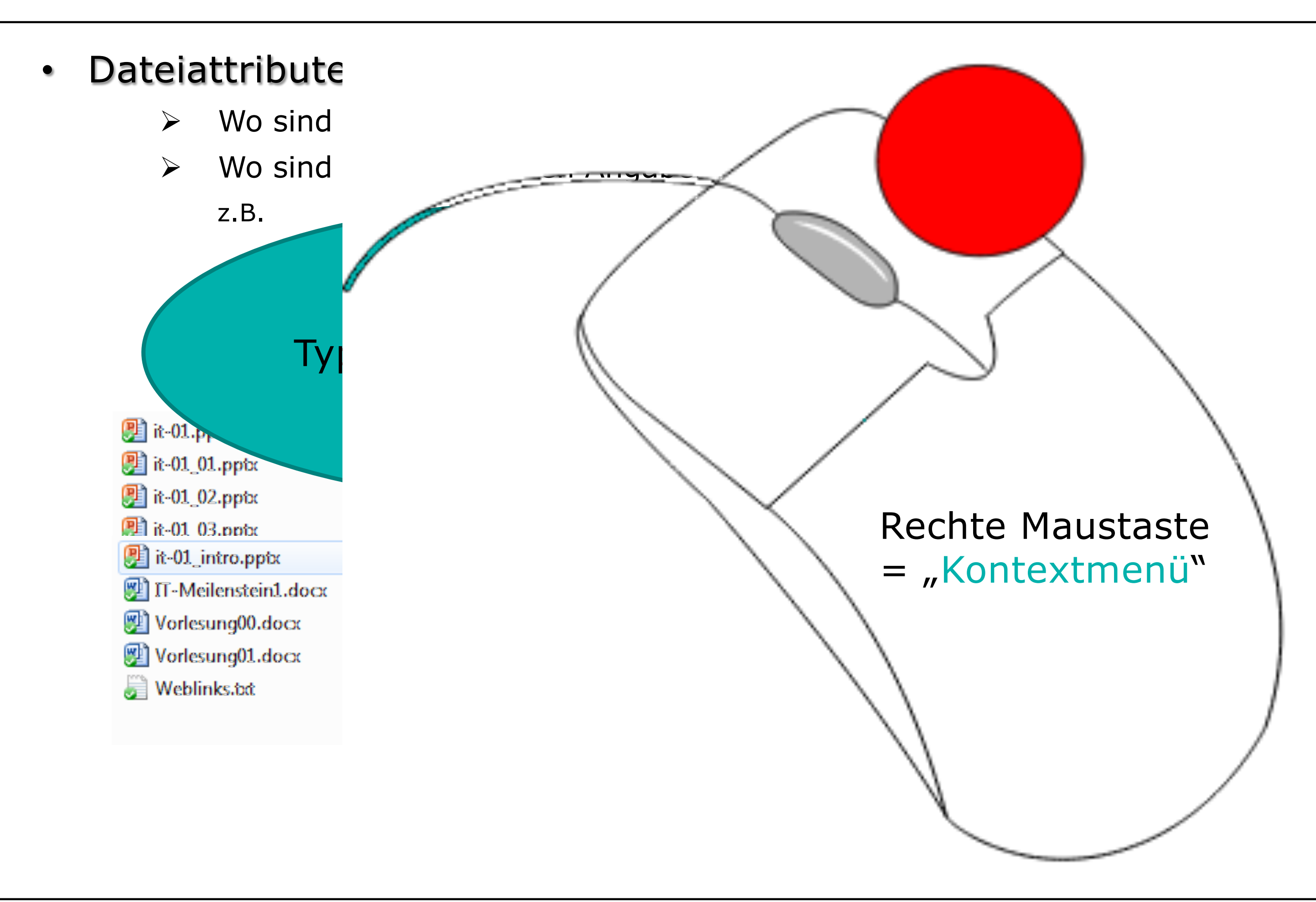
Informationstechnik 1: Betriebssystem
Windows: Eigenschaften von Dateien

- Dateiattribute z.B. bei Windows
  - ➢ Wo sind sie die Informationen zu einer Datei unter Windows zu finden?
  - ➢ Wo sind die zusätzlichen Angaben, die über den Inhalt hinausgehen?

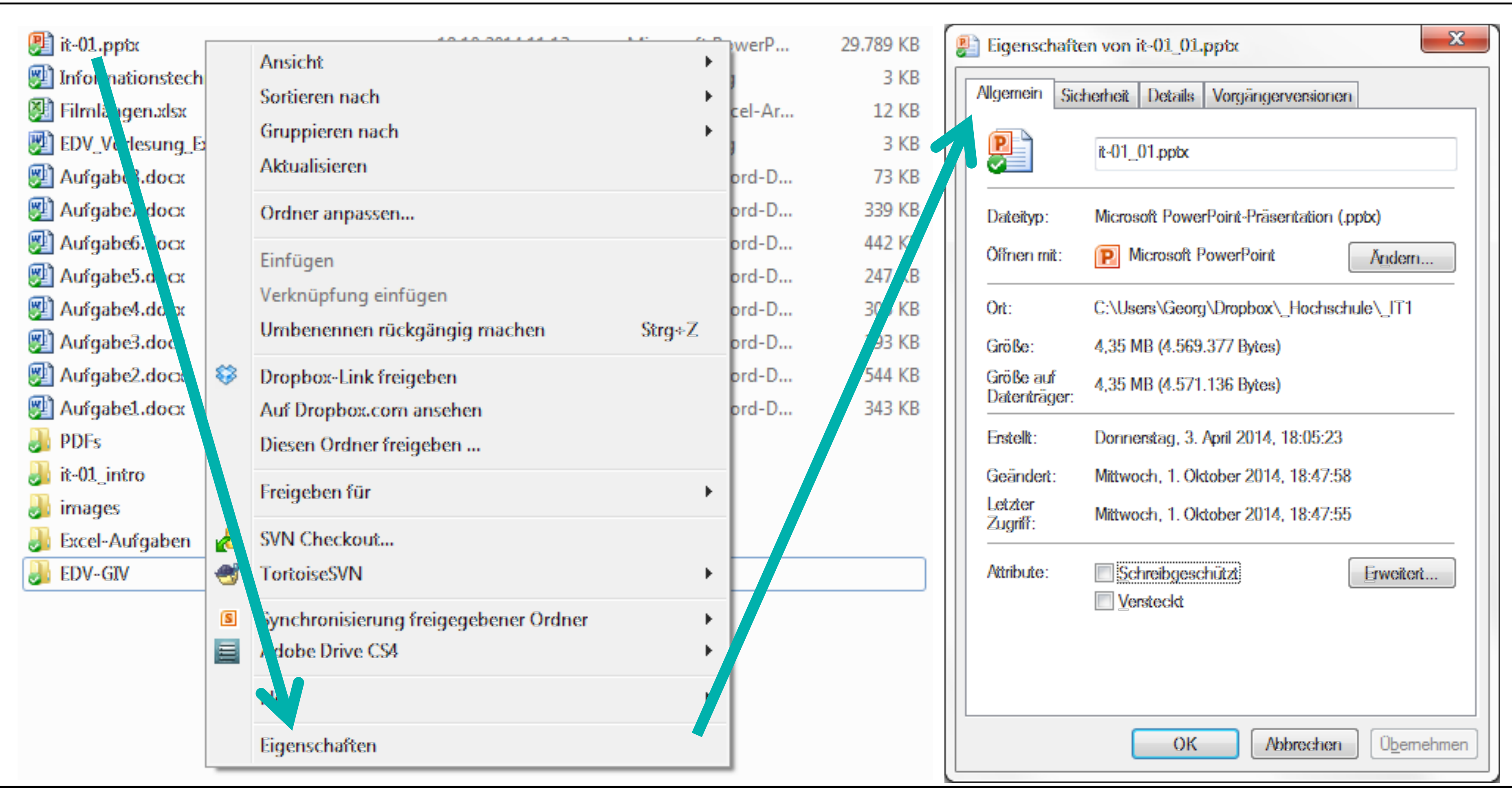
    z.B.
    - Speicherort
    - Zugriffsrechte
    - Zeitpunkt der letzten Änderung
    - …

it-01.pptx	19.10.2014 11:13	Microsoft PowerP...	29.789 KB
it-01_01.pptx	15.10.2014 15:02	Microsoft PowerP...	1.105 KB
it-01_02.pptx	15.10.2014 15:06	Microsoft PowerP...	27.646 KB
it-01_03.pptx	15.10.2014 15:28	Microsoft PowerP...	2.888 KB
it-01_intro.pptx	14.10.2014 10:09	Microsoft PowerP...	4.463 KB

Informationstechnik 1: Betriebssystem
Windows: Eigenschaften von Dateien



Informationstechnik 1: Betriebssystem
Windows: Eigenschaften von Dateien



Dateisystem

- Was bedeutet der Status „Datei gelöscht"?
  - Beim normalen Löschvorgang wird lediglich eine Statusinformation geändert und die Datei nicht mehr in der Ordnerstruktur angezeigt
  - Wird neuer Speicherplatz benötigt, können Dateien, die als gelöscht markiert sind, überschrieben werden
  - Um Dateien zu löschen, müssen Sie also Speicherplatz überschreiben, ansonsten können Sie mit etwas Glück und Spezialprogrammen wiederhergestellt werden.

Besondere Verzeichnisse

- Temporäre Dateien (%TEMP%)
- Nutzerverzeichnis (%USERPROFILE%)
- Anwendungseinstellungen (%APPDATA%)
- Pfadverzeichnisse (%PATH%)
- Bootverzeichnis (root) /

Temporäre Dateien	%TEMP%	/tmp
Nutzerverzeichnis	%USERPROFILE%	$HOME
Anwendungseinstellungen	%APPDATA%	$HOME/.config
Pfadverzeichnisse*	%PATH%	$PATH

* werden nach ausführbaren Dateien [Anwendungen] durchsucht

Dateisysteme müssen Mechanismen zur Behandlung bestimmter Situationen bereitstellen

- Paralleler Zugriff im Multitasking
  - Bereitstellung von Locks für den Dateizugriff
  - Locks können für die gesamte Datei oder nur bestimmte Bereiche (z.B. bei Datenbanksystemen) genutzt werden

- Stromausfall während einer Schreiboperation
  - Es muss Datenkonsistenz gewährleistet werden
  - Atomare Operationen, welche entweder abgeschlossen oder ausstehend sind
    - Journaling-Dateisysteme

Journaling Dateisysteme

Alle Aktionen auf der Festplatte werden protokolliert und erst als gültig angesehen, nachdem das Beenden einer Aktion im Protokoll (Journal) vermerkt wurde

- Man unterscheidet zwischen Metadaten- und Full-Journaling
  - Bei Metadaten-Journaling wird nur die Konsistenz des Dateisystems als solches gewährleistet
  - Bei Full-Journaling wird zusätzlich die Konsistenz von Dateiinhalten gewährleistet

- Ein Journaling-Dateisystem arbeitet ähnlich, wie die Transaktionskontrolle eines Datenbankmanagementsystems

Journaling Dateisysteme – Beispiel

Eine Datei soll in ein anderes Verzeichnis verschoben werden

1. Entferne den Eintrag der Datei aus dem Quellverzeichnis
2. Füge den Eintrag der Datei dem Zielverzeichnis hinzu

- Beide Schritte werden zunächst nur im Journal vermerkt und nicht direkt ausgeführt
  - Erst wenn ein Schritt auf dem Dateisystem vollständig korrekt vorgenommen wurde, wird der zugehörige Eintrag aus dem Journal gelöscht bzw. als erledigt markiert

- Stürzt das System z.B. durch einen Stromausfall, während der Änderungen am Dateisystem ab, können die Änderungen aus dem Journal erneut auf die Festplatte geschrieben werden
  - Eventuell vor dem Absturz schon vorgenommene, aber nicht bestätigte Änderungen, werden überschrieben

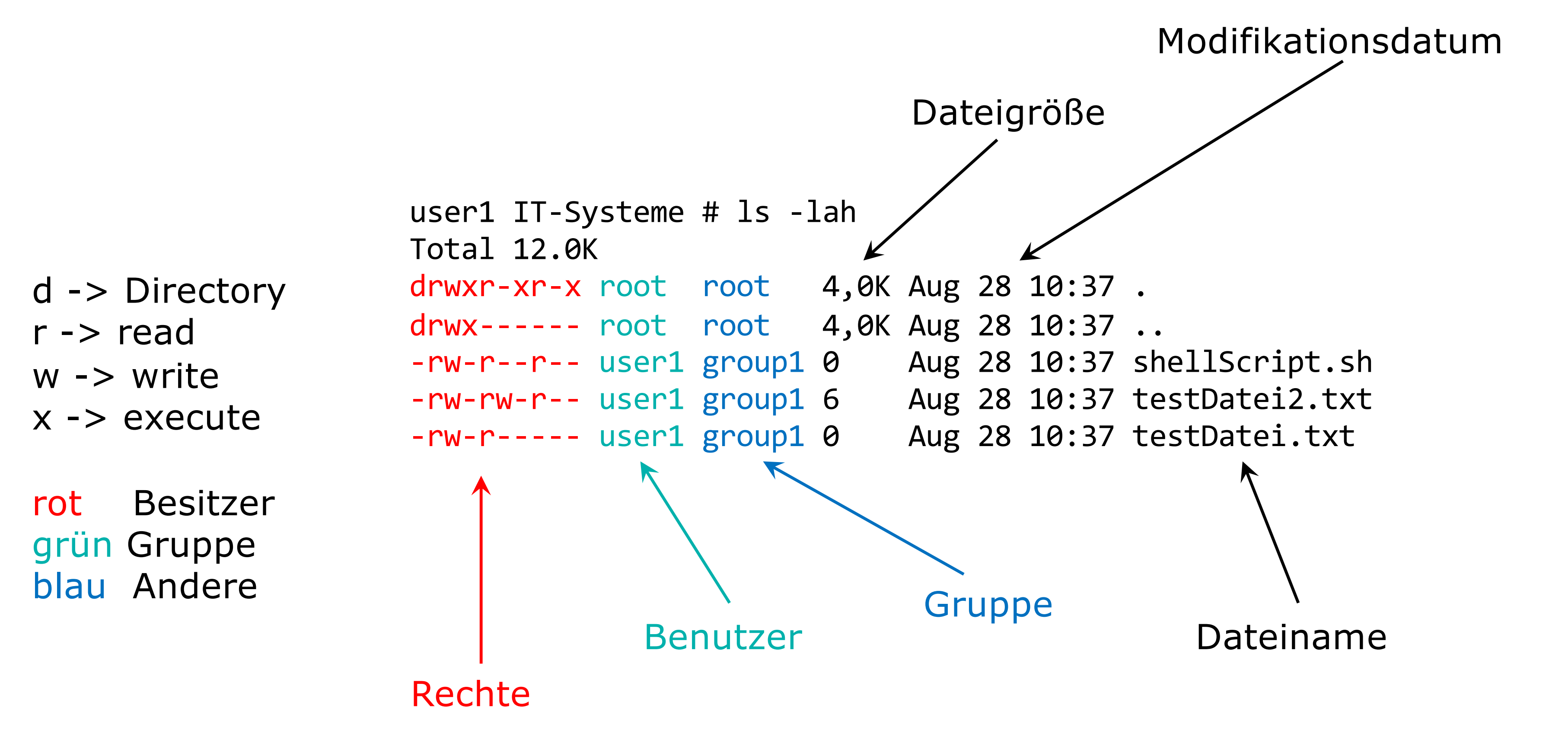
Rechteverwaltung wird auf Multiuser-Systemen benötigt

- Dateien können z.B. für alle einsehbar (Lesezugriff), aber nur für den Systemadministrator änderbar (Schreibzugriff) gekennzeichnet werden

- Rechteverwaltung unter Windows relativ „neues“ Konzept
  - Unter Windowssystemen erst ab NTFS als Dateisystem möglich



Informationstechnik 1: Betriebssystem, Dateisysteme
Rechteverwaltung unter Unix



Zugriffsrechte

- Bezeichnen die administrative Zugriffskontrolle in der IT/EDV:
  - Ob und wie kann ein Benutzer Dinge ausführen wie
  - Programme oder Programmteile
  - Operationen auf Objekte
- Netzwerke
- Drucker
- Dateisysteme
- Dateisystemberechtigungen:
  - Welcher Benutzer darf welche Dateien und Verzeichnisse sehen?

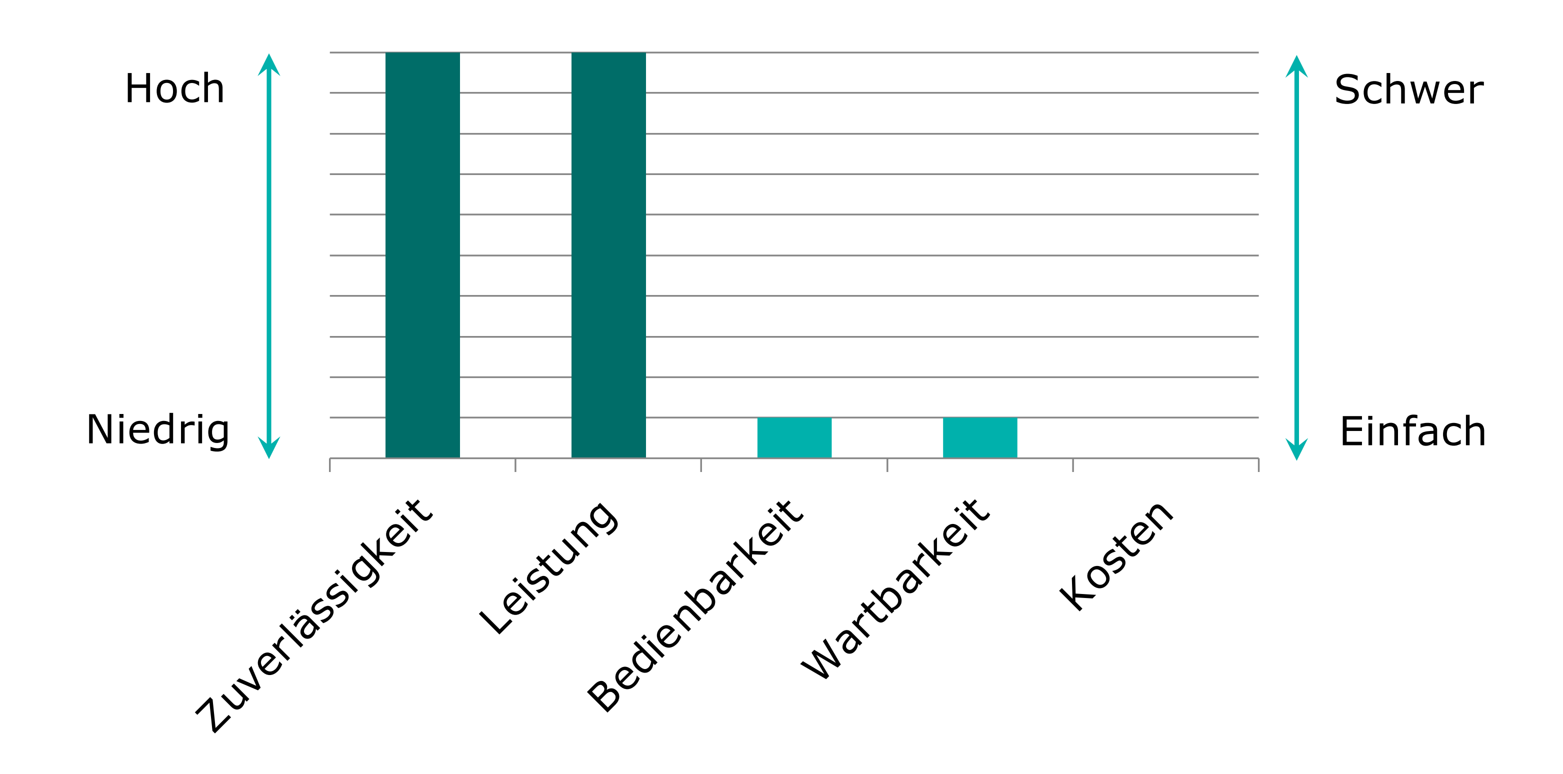
Informationstechnik 1

2 – Betriebssysteme

2.4 Bekannte Betriebssysteme

Windows, Linux, Mac OSX…

Anforderungen an ein Betriebssystem



FH AACHEN UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

➢Unterschiede…

…ist wie bei den Autos – fahren tun sie alle ;-)

- Sie haben derzeit sozusagen die Wahl zwischen „Diesel / Benziner / Elektroantrieb"…



FH AACHEN UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

➢ Unterschiede…

…ist wie bei den Autos – fahren tun sie alle ;-)

- Sie haben derzeit sozusagen die Wahl zwischen „Diesel / Benziner / Elektroantrieb“…
- Windows ist wie ein LKW, sehr dick, schwerfällig und beladen

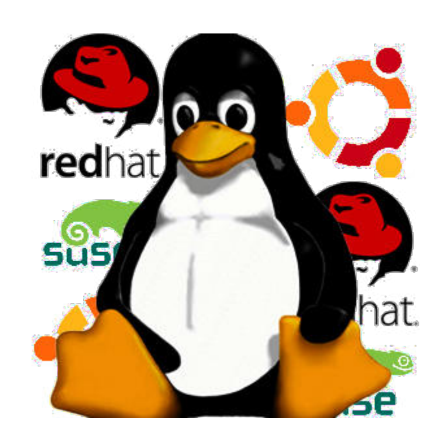




Unterschiede…

…ist wie bei den Autos – fahren tun sie alle ;-)

- Sie haben derzeit die Wahl zwischen „Diesel / Benziner / Elektroantrieb"
- Windows ist wie ein LKW, sehr dick, schwerfällig und beladen
- Linux ist wie ein Lego©-Auto
  - lässt sich aber erweitern ☺ und
  - die „Bastelarbeit" wird von Distributoren/Herstellern übernommen!
  - Lizenzkosten fallen unter Linux keine an und es läuft schon auf Millionen Servern weltweit (Internet)!



FH AACHEN UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

- Unterschiede…

  …ist wie bei den Autos – fahren tun sie alle ;-)

  - Sie haben derzeit die Wahl zwischen „Diesel / Benziner / Elektroantrieb"
  - Windows ist wie ein LKW, sehr dick, schwerfällig und beladen
  - Linux ist wie ein Lego©-Auto
    - lässt sich aber erweitern ☺ und
    - die „Bastelarbeit" wird von Distributoren/Herstellern übernommen!
    - Lizenzkosten fallen unter Linux keine an und es läuft schon auf Millionen Servern weltweit (Internet)!
  - MacOS ist UNIX-ähnlich…



FH AACHEN UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

But in the end:

Nicht der Computer soll simpler werden,

sondern SIE schlauer ;-)

Disk Operating System


```
Starten von MS-DOS...


HIMEM testet den erweiterten Speicher...beendet.



This driver is provided by Oak Technology, Inc..
OTI-91X ATAPI CD-ROM device driver, Rev D91XV352
(C)Copyright Oak Technology Inc. 1987-1997
   Device Name          : CDROM
   Transfer Mode        : Programmed I/O
   Number of drives     : 1

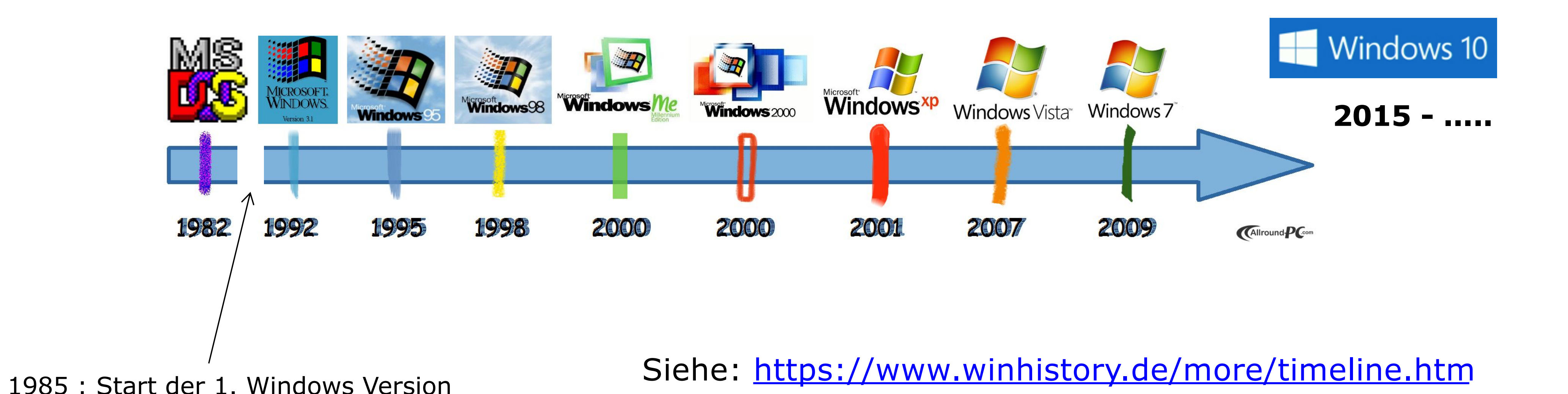

C:\>C:\DOS\SMARTDRV.EXE /X
MSCDEX Version 2.23
Copyright (C) Microsoft Corp. 1986-1993. Alle Rechte vorbehalten.
        Laufwerk D: = Treiber CDROM Gerät 0
C:\>_
```

DOS = Disk Operating System
- Reale Speicherverwaltung
- Kooperatives Scheduling
- Kein Multitasking
- Kommandozeilen-basiertes Dialogsystem

Informationstechnik 1, Betriebssysteme
Windows Zeitleiste

1. Windows Version

- Reale Speicherverwaltung
- Kooperatives Scheduling
- Kein Multitasking
- Kommandozeilen-basiertes Dialogsystem

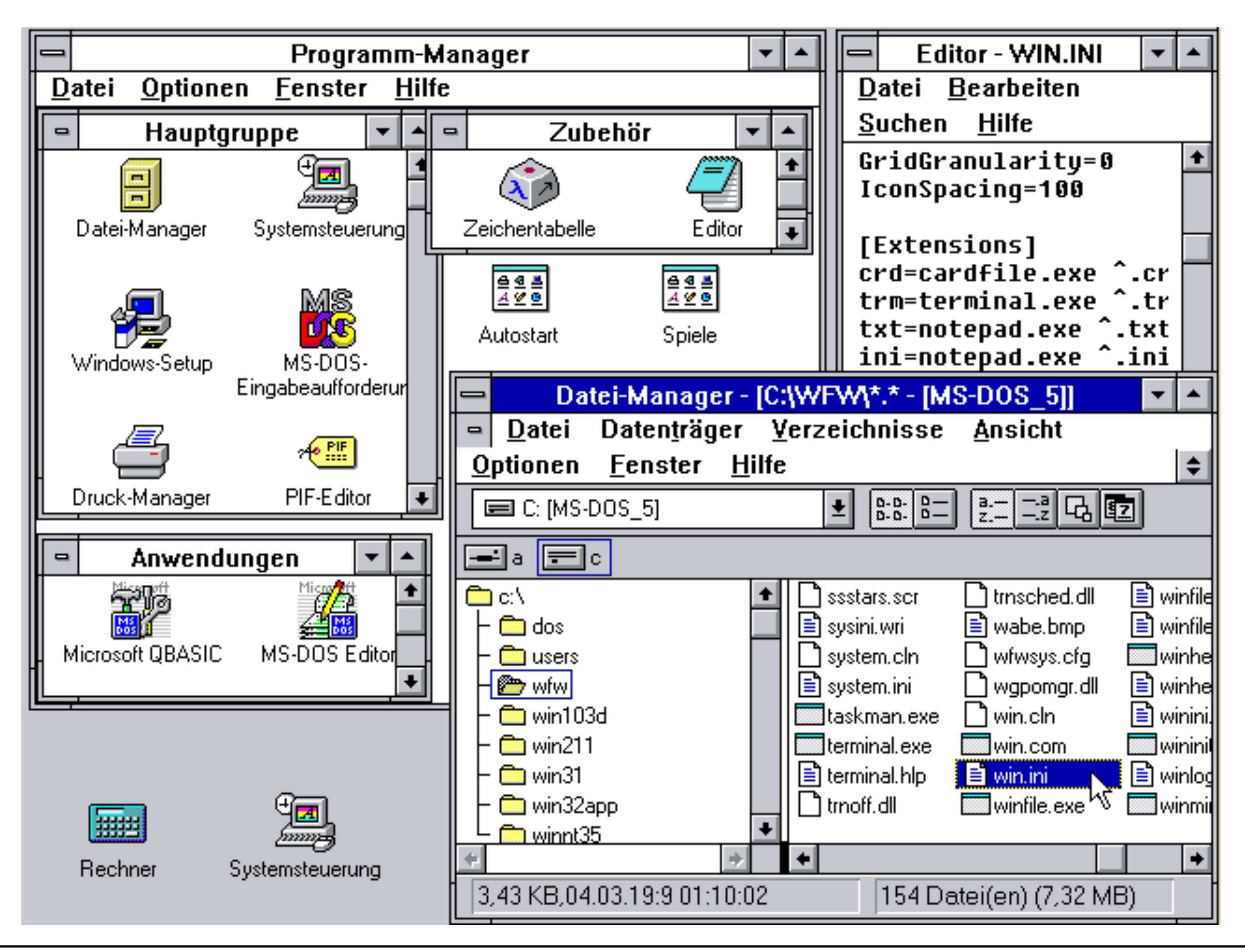


1985 : Start der 1. Windows Version

Siehe: https://www.winhistory.de/more/timeline.htm

Informationstechnik 1, Betriebssysteme
Windows 3.1

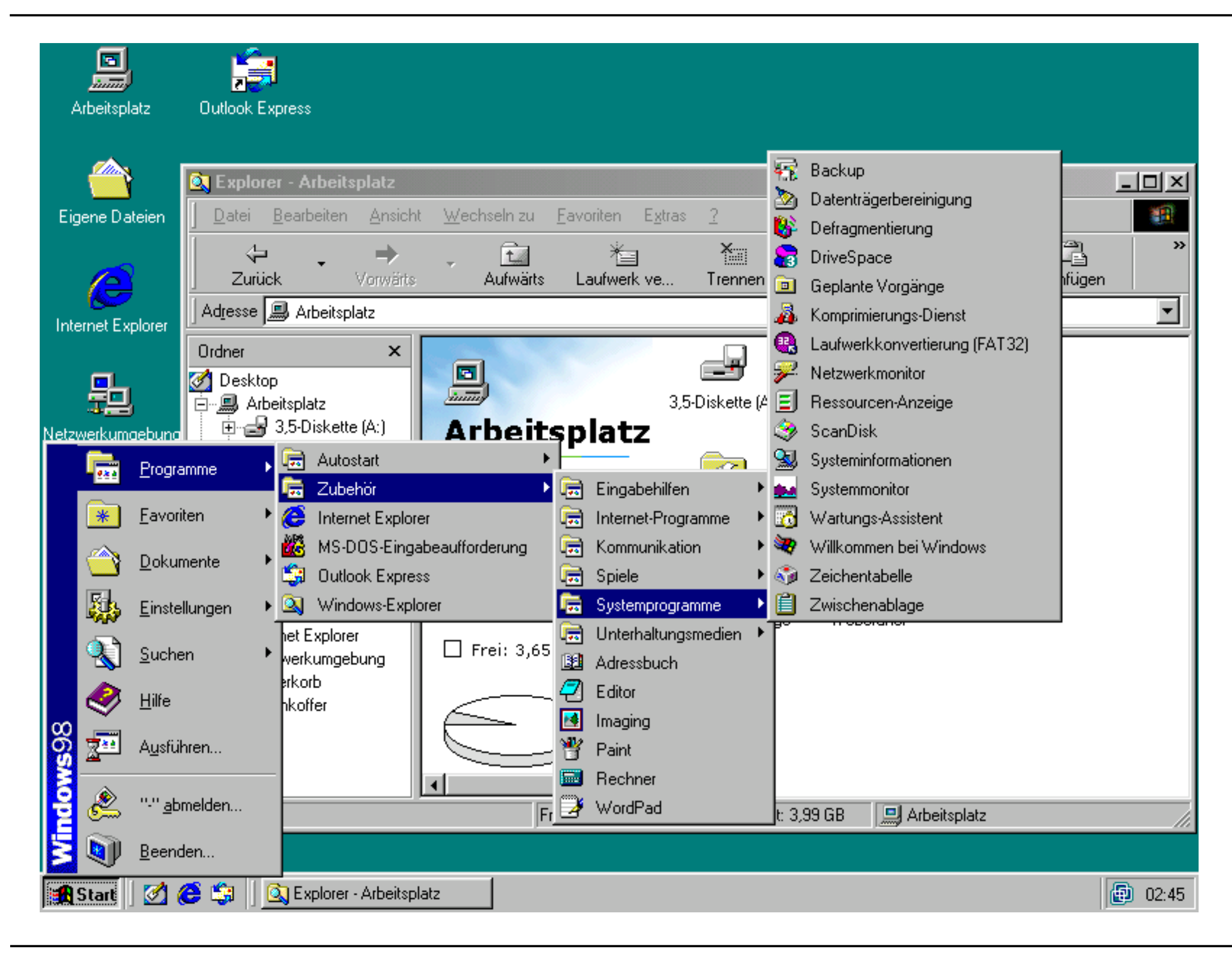
FH AACHEN UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Windows/DOS-Linie 16 Bit

- Reale Speicherverwaltung
- Kooperatives Scheduling
- Multitasking möglich
- Graphisches Dialogsystem

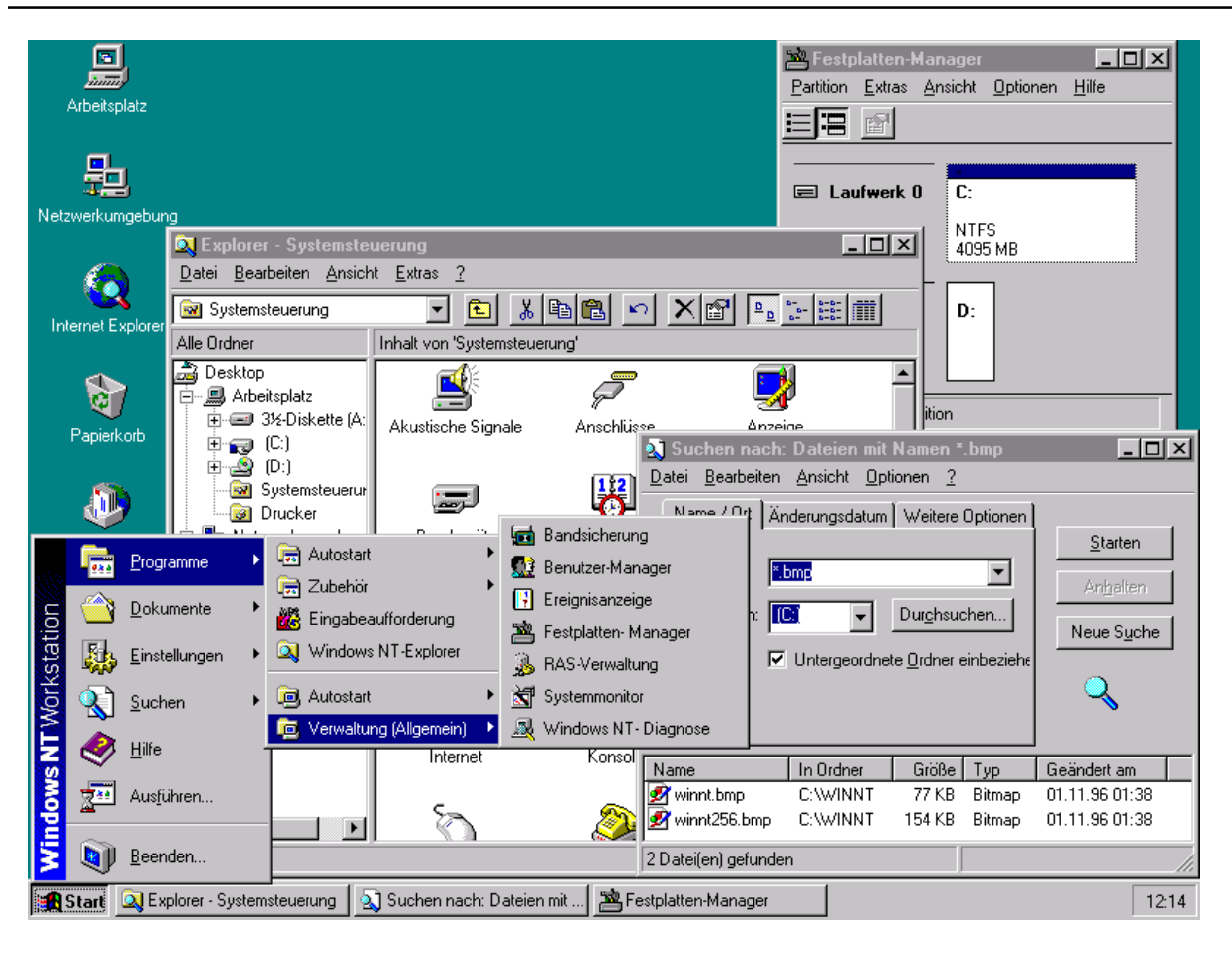
Informationstechnik 1, Betriebssysteme
Windows 98



DOS-Linie 32 Bit

- Virtuelle Speicherverwaltung
- Preemptives Scheduling für 32 Bit-Programme, kooperatives Scheduling für 16-Bit Programme
- Multitasking möglich
- Graphisches Dialogsystem

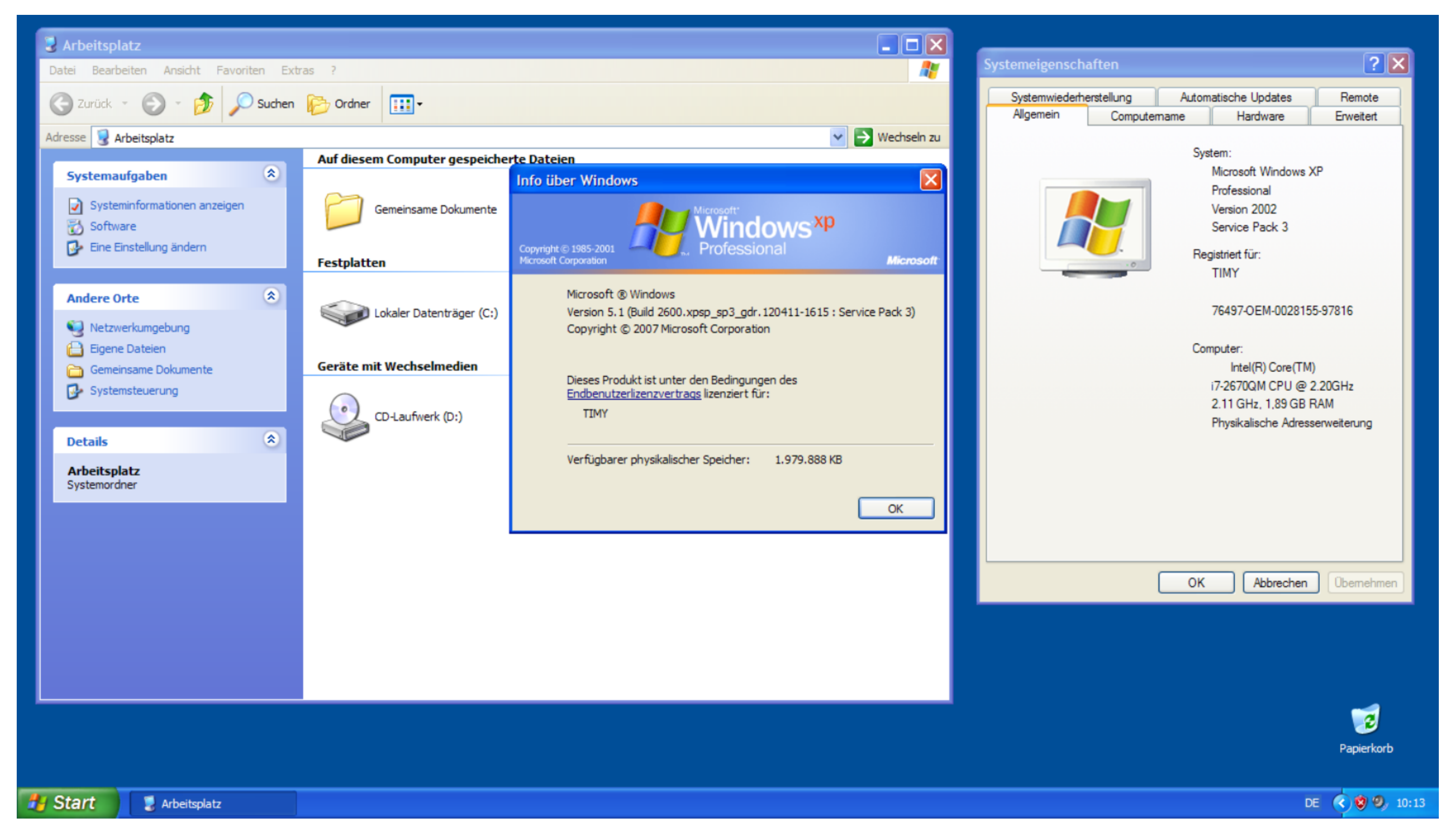
Windows NT 4.0



NT-Linie 32/64 Bit

- Virtuelle Speicherverwaltung
- Preemptives Scheduling
- Multitasking möglich
- Graphisches Dialogsystem / Batchsystem (in der Server-Variante)

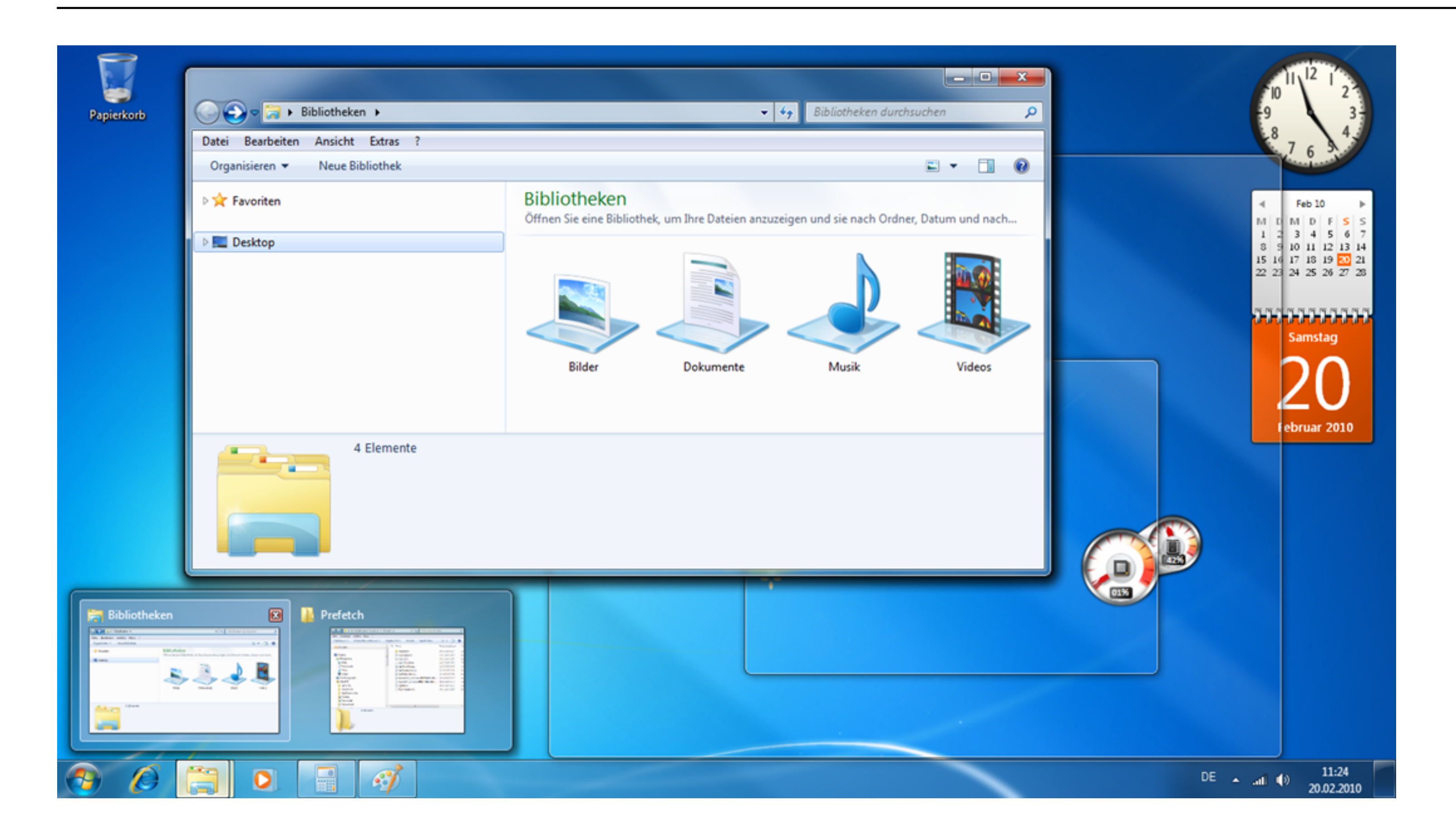
Informationstechnik 1, Betriebssysteme
Windows XP



NT-Linie 32/64 Bit

- Virtuelle Speicherverwaltung
- Preemptives Scheduling
- Multitasking möglich
- Graphisches Dialogsystem / Batchsystem (in der Server-Variante)

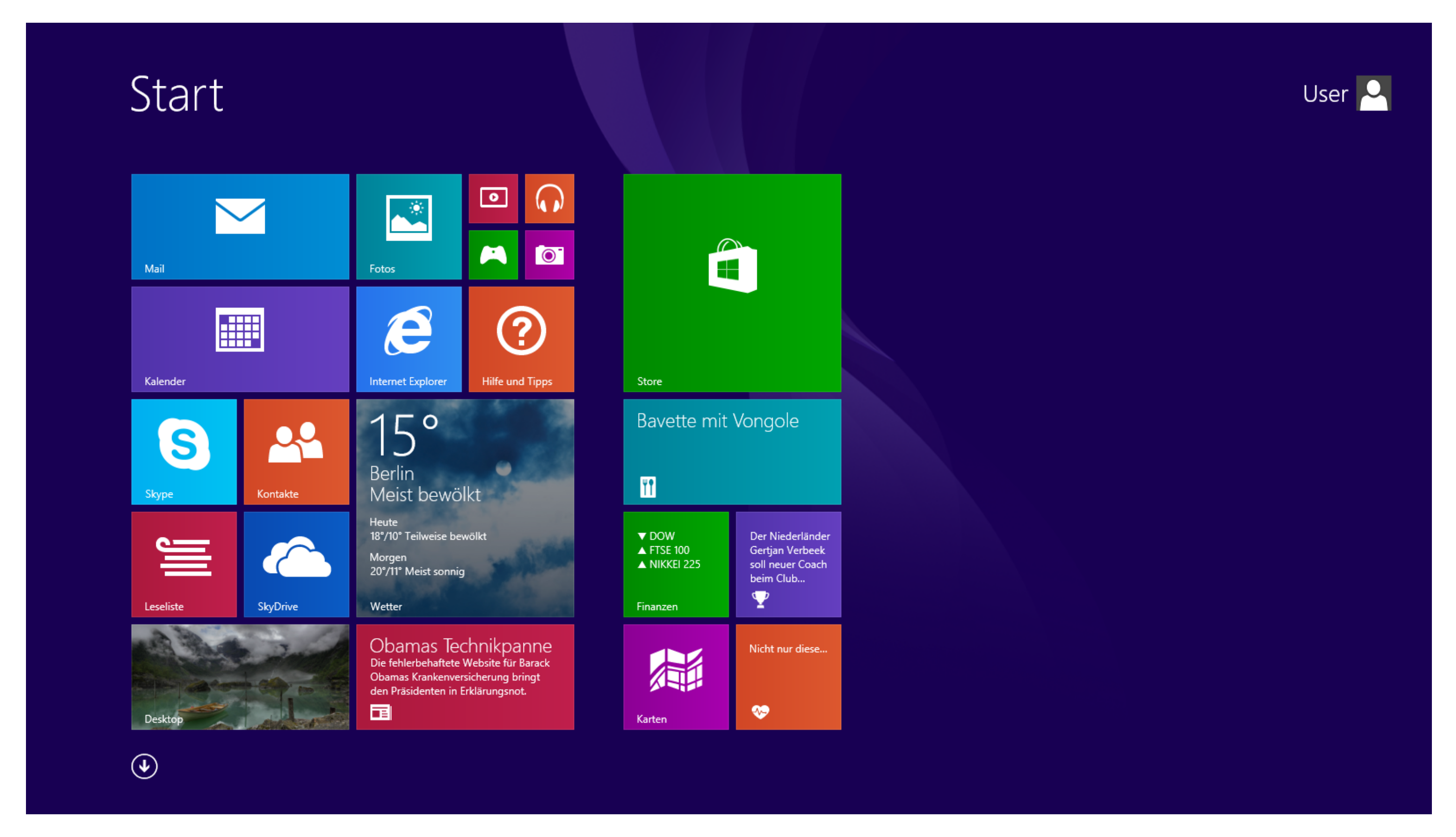
Informationstechnik 1, Betriebssysteme
Windows 7



NT-Linie 32/64 Bit

- Virtuelle Speicherverwaltung
- Preemptives Scheduling
- Multitasking möglich
- Graphisches Dialogsystem / Batchsystem (in der Server-Variante)

Informationstechnik 1, Betriebssysteme
Windows 8



NT-Linie 32/64 Bit

- Virtuelle Speicherverwaltung
- Preemptives Scheduling
- Multitasking möglich
- Graphisches Dialogsystem / Batchsystem (in der Server-Variante)

Informationstechnik 1, Betriebssysteme
Windows 10



NT-Linie 32/64 Bit

- Virtuelle Speicherverwaltung
- Preemptives Scheduling
- Multitasking möglich
- Graphisches Dialogsystem / Batchsystem (in der Server-Variante)

Linux Mint

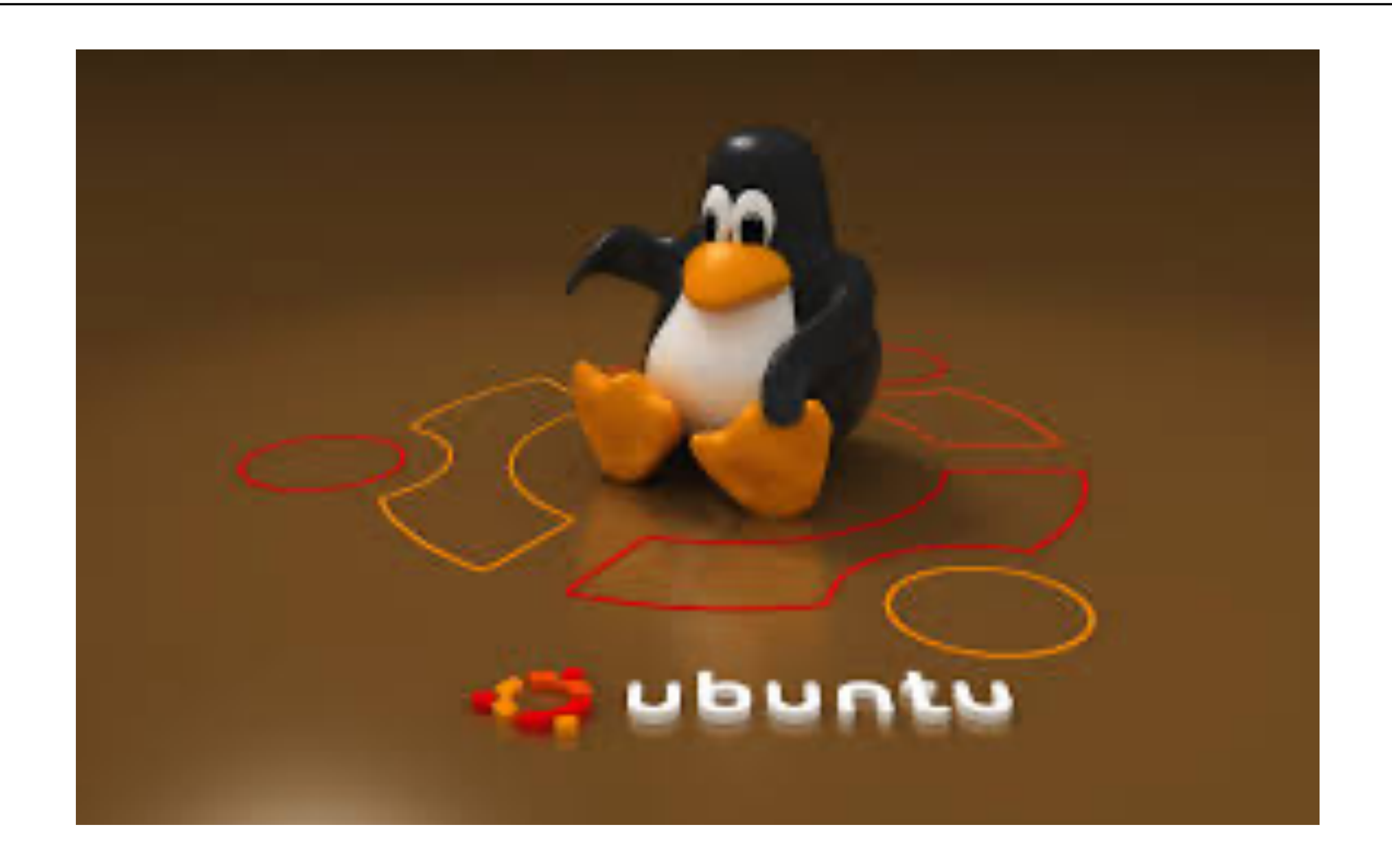


Quelle: softpedia.com

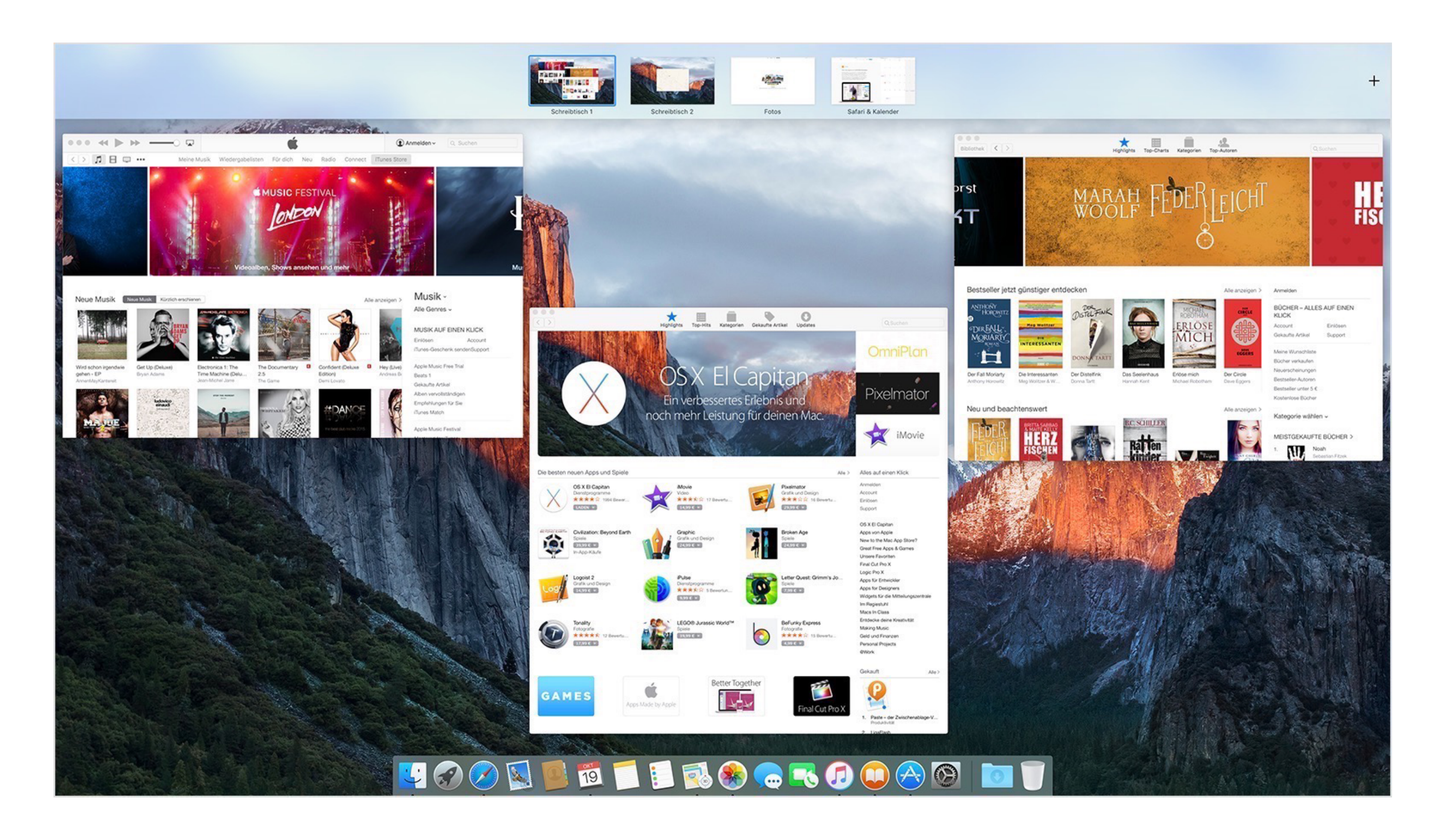
Linux

- Virtuelle Speicherverwaltung
- Preemptives Scheduling
- Multitasking möglich
- Kommandozeilen-basiertes bzw. graphisches Dialogsystem / Batchsystem

Ubuntu – References in pop culture



Mac OS X



Mac OS X

- Virtuelle Speicherverwaltung
- Preemptives Scheduling
- Multitasking möglich
- Kommandozeilen-basiertes bzw. graphisches Dialogsystem

Quelle: apple.com

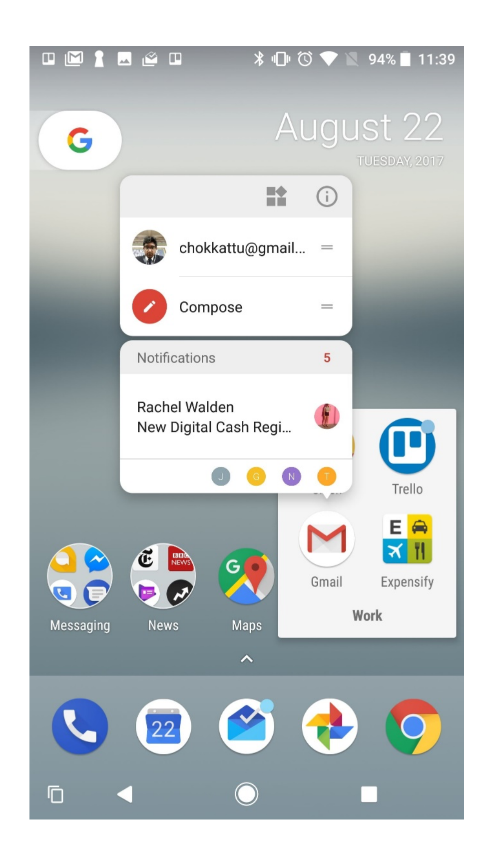
Informationstechnik 1, Betriebssysteme
iOS X (iPhone, Smartphone)





Quelle: apple.com

Informationstechnik 1, Betriebssysteme
Android (‟Google‟ Smartphone), Linux-Kern



Quelle: google.com